

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra automatizační techniky a řízení

Sběr dat v LabVIEW s využitím platformy Arduino

The Data Measurement in LabVIEW with use of Arduino

Student:

Štěpán BERNÁTH

Vedoucí práce:

Ing. Jiří Kulhánek Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Štěpán Bernáth**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3902R001 Aplikovaná informatika a řízení
Téma: **Sběr dat v LabVIEW s využitím platformy Arduino**
The Data Measurement in LabVIEW with use of Arduino
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s prostředím LabVIEW a možnostmi sběru analogových a digitálních dat.
2. Seznamte se s parametry vývojových desek Arduino.
3. Zapojte Arduino desku jako měřicí kartu v LabVIEW a ověřte funkčnost na zvoleném příkladu.
4. Porovnejte možnosti Arduino desek s USB kartami řady NI 60xx.

Seznam doporučené odborné literatury:

VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.

VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. *Začínáme s LabVIEW*. Ilustroval Viktorie VLACHOVÁ. Praha: BEN-technická literatura, 2008. ISBN 978-80-7300-245-9.


BARTŁOMIEJCZYK, Mikołaj a Miroslav GUTTEN. *Meranie základných elektrických veličín*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3643-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kulhánek, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Ing. Renata Wagnerová, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21. 5. 2018

..... Štěpán Bureš

Podpis studenta

Prohlašuji, že

☐ byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.

☐ beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo výdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).

☐ souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠBTUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

☐ bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

☐ bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

☐ beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2018

Štěpán Bernáth

Štěpán Bernáth
Františka Čechury 4471
708 00 Ostrava

Anotace

BERNÁTH, Š. Sběr dat v LabVIEW s využitím platformy Arduino. Ostrava: katedra ATŘ-352 VŠB-TUO, 2018 68s. Bakalářská práce, vedoucí práce Ing. Jiří Kulhánec Ph.D.

Bakalářský projekt se zabývá možnostmi sběru dat v software LabVIEW přes alternativní měřicí karty založených na deskách Arduino. Úkolem bylo prozkoumat současné možnosti a parametry tohoto propojení a zjištění reálné funkčnosti, protože propojení desek Arduino s LabVIEW je realizováno jinou cestou, než jsou propojeny originální měřicí karty. To vyžadovalo prostudování technických parametrů desek Arduino a výběr vhodných karet. Dále bylo nutné porovnat parametry vybraných desek Arduino s kartami z originální produkce National Instruments vhodným testem. Pro tento účel byl sestaven jednoduchý testovací nástroj v LabVIEW.

Klíčová slova: LabVIEW; Arduino; test

Annotation

BERNÁTH, Š. Data collection in LabVIEW using the Arduino platform. Ostrava: Department of Control Systems and Instrumentation, Technical University of Ostrava, 2018. 68p. Bachelor thesis, supervisor Ing. Jiří Kulhánec, Ph.D.

Data collection possibilities with use of LabVIEW software by utilization of alternative measuring cards based on Arduino boards was studied in this Bachelor thesis. The task of this project was to explore contemporary possibilities and parameters of this connection and to discover practicable functionality because interconnection of Arduino boards and LabVIEW is different from interconnection of original measuring cards. This lead to deep study of Arduino cards technical parameters and subsequent selection of the appropriate types. Suitable tests were carried out to compare parameters of selected Arduino cards with original cards from production of National Instruments Co. using developed simple testing application based on LabVIEW software.

Keywords: LabVIEW; Arduino; test

Obsah

| | |
|---|----|
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK..... | 7 |
| 1 Úvod..... | 8 |
| 2 Software LabVIEW | 9 |
| 2.1 Historie LabVIEW..... | 9 |
| 2.2 Popis a princip vývojového prostředí Labview | 9 |
| 3 Vývojové desky Arduino | 14 |
| 3.1 Popis nejdůležitějších desek. | 15 |
| 3.2 Specifikace AD převodníků podle čipů..... | 18 |
| 4 Moduly pro propojení desek Arduino s LabVIEW a test | 21 |
| 4.1 Specifikace testu propojení..... | 21 |
| 4.2 Moduly pro propojení Arduino s LabVIEW | 22 |
| 4.3 Provedení testu připojení..... | 29 |
| 4.4 LIFA – vzorkovací rychlost 5000 Hz | 33 |
| 5 Sběr dat v modulech LIFA, LINX a ACCL..... | 37 |
| 5.1 LINX..... | 37 |
| 5.2 LIFA | 37 |
| 5.3 Arduino Compatible Compiler for LabView (ACCL) | 38 |
| 5.4 Testování kvality sběru dat..... | 44 |
| 5.5 Měření bloku <i>GetFiniteAnalogSampling</i> modulu LIFA | 48 |
| 6 Konstrukce sestavy ventilátoru řízenou deskou Arduino | 57 |
| 7 Závěr | 64 |
| 8 Seznam použité literatury | 66 |

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|-------------|---|
| AD | analogovo číslicový převodník |
| Aref | referenční napětí |
| ARM | architektura procesorů |
| CPU | centrální procesorová jednotka |
| COM | sériové rozhraní |
| DAC | číslicovo-analogový převodník |
| EEPROM | elektricky mazatelná paměť |
| GPIO | rozhraní pro měřicí a zkušební přístroje |
| ICSP | protokol fy. Microchip pro sériové programování mikrokontrolérů |
| IEEE | Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství |
| I/O | rozhraní vstup/výstup |
| IoT | internet věcí |
| sps | vzorků za vteřinu |
| LSB | nejméně významný bit |
| MCU | microcontroller unit |
| MIPS | procesor bez automaticky organizovaného zpracování dat |
| OS | operační systém |
| PC | osobní počítač |
| PCMCIA | počítačové rozhraní |
| PCI | počítačová sběrnice pro připojení periférií k základní desce |
| PCI Express | sběrnice PCI, pokročilejší |
| PWM | pulsně-šířková modulace |
| PXI | sběrnice PCI upravená National Instruments |
| PXI Express | sběrnice PXI, pokročilejší |
| SD karta | paměťová karta |
| TTL | standard pro implementaci logických integrovaných obvodů |
| UART | univerzální asynchronně-synchronní rozhraní |
| USB | universální sériová sběrnice |
| Wi-Fi | souhrn standardů popisujících bezdrátovou komunikaci |

1 Úvod

Sběr dat v softwaru LabVIEW je základní funkcí tohoto softwaru, a proto byla tomuto segmentu věnována vždy velká pozornost. Firma National Instruments vyvinula celý systém měření zahrnující software, hardware a služby, které vyvíjela mnoho let a tento systém se stal předním systémem určeným pro měření, analýzu signálů a řízení systémů.

Desky Arduino se objevily jako levná cvičná deska, kterou můžou studenti a nenároční uživatelé používat pro své experimenty, nebo nenáročné aplikace. Tyto desky jsou levné a zároveň dostatečně spolehlivé. Navíc jejich vývoj je koncipován jako otevřená platforma, což umožňuje sestavit buď desku vlastními silami, nebo volit ještě levnější alternativu u hromadných výrobců. Časem se tyto desky staly velice žádané a jejich nabídka se rozšiřovala. S nástupem internetu věcí se zároveň zvýšil zájem i o řešení, pro které jsou desky Arduino vhodné.

National Instruments nemohl ignorovat nástup desek Arduino, proto umožnil jejich připojení k softwaru LabVIEW a jeden z možných ovladačů poskytl zdarma uživatelům. Naskytla se tak zajímavá alternativa pro nahrazení poměrně drahých karet National Instrument levnějšími deskami Arduino.

2 Software LabVIEW

LabVIEW je systémový inženýrský software pro projekty, které vyžadují test, měření a kontrolu s rychlým přístupem k hardware a datům.

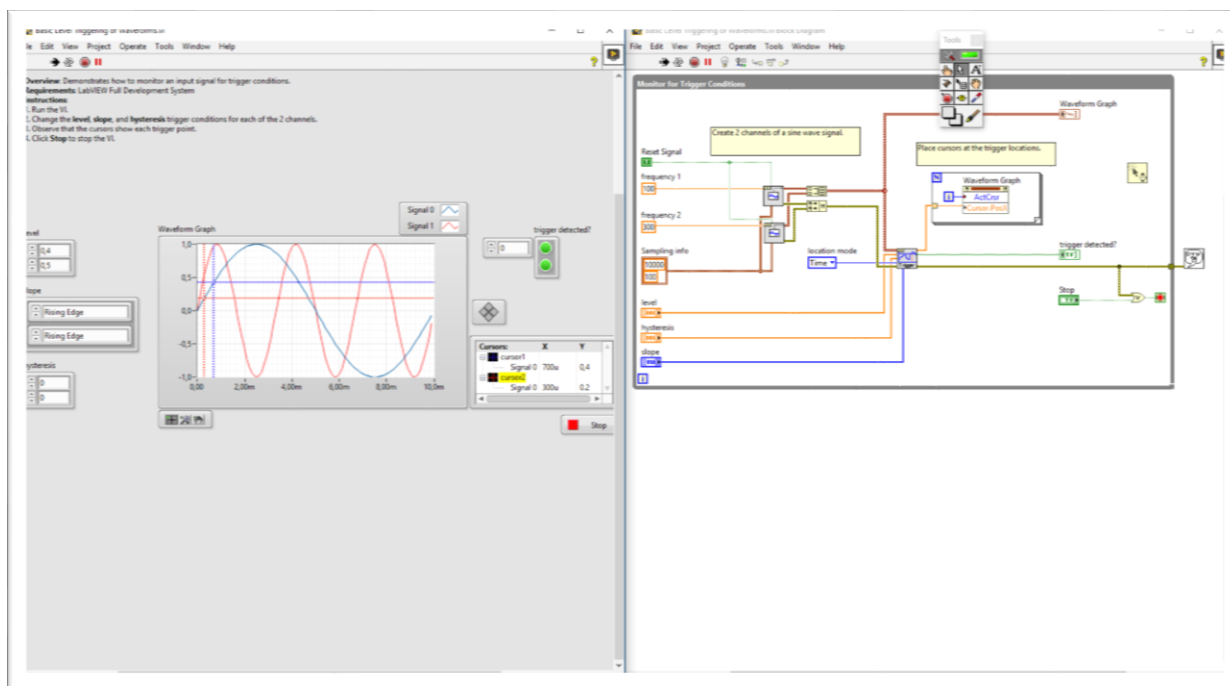
2.1 Historie LabVIEW.

V roce 1983 byl uvedena na trh deska pro rozhraní GPIB od firmy National Instruments a tím započal vývoj softwaru LabVIEW od této firmy (VLACH, 2008). LabVIEW byl výsledkem potřeby zjednodušit programování nutné pro propojení desek s počítačem a práci s připojenými deskami skrze počítač. Vzniklo vývojové prostředí, které umožnilo programovat intuitivně za pomoci grafických nástrojů, a přitom se zachovala stejná funkčnost, jako při psaní programu textovou formou. Program pracuje s ikonami, které reprezentují funkce, ty je možné stavět do blokového diagramu a propojit je do funkčního celku. Pro tento systém práce se vžil název virtuální instrumentace. Postupné vylepšování počítačů se odrazilo i na vylepšení LabVIEW, procesy a výpočty jsou nyní nesrovnatelně rychlejší, mohou být mnohem komplikovanější a můžou být řešeny komplexnější úlohy. V současnosti je dokončen přechod LabVIEW na vícejádrové počítače, které umí provádět paralelní výpočty a tím opět výrazně zrychlily výpočty zadaných programů.

2.2 Popis a princip vývojového prostředí Labview

LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) vyvíjí firma National Instruments, která zavedla pojem virtuální instrumentace. Používá se pro vývoj systémů, sběr dat, analýzu signálů, řízení technologických procesů. Cílem virtuální instrumentace je nahrazení hardwaru softwarovými prostředky, které jsou mnohem levnější a které s dostatečnou přesností dokážou simulovat chování hardwaru. Celkový vývoj je tak mnohem levnější a rychlejší. Některé systémy by bez virtuální instrumentace nešlo ani vyvinout. LabVIEW tento vývoj umožňuje díky své komplexnosti, intuitivnosti, přehlednosti a široké podpoře (VLACH, 2008).

Prostředí LabVIEW se obvykle skládá ze dvou oken, první se nazývá Čelní panel a druhé Okno blokového diagramu. Na obrázku 1 je příklad tohoto uspořádání. Čelní panel představuje jakýsi pohledový panel přístroje a v Okně blokového diagramu je naprogramována logika tohoto přístroje.



Obrázek 1 Ukázka čelního panelu a blokové schéma

Čelní panel zobrazuje naprogramované vstupy a výstupy nutné pro běh virtuálního instrumentu (dále VI). Zde zadáváme vstupní proměnné, měníme hodnoty a zobrazují se výsledky VI v požadované formě. Můžeme zde umístit i instrukce pro ovládání VI. Čelní panel nabízí širokou škálu grafických prostředků, které můžeme využít při sestavování podoby panelu. Je možné si uzpůsobit grafickou podobu všech prvků obsažených v prostředí, vyvinout vlastní podobu skrz nástroje LabVIEW, nebo je možné importovat grafickou podobu z vnějšího prostředí.

Okno blokového diagramu je určeno pro vytvoření programu zpracovávající vstupní parametry z čelního panelu a vytvoření dat pro zobrazení. K vytvoření programu nám okno blokového diagramu nabízí grafické rozhraní potřebné pro napsání programu. Rozhraní je rozděleno do logických skupin, ze kterých vybereme požadované funkce a ty vložíme na plochu diagramu. Po vložení potřebných prvků je musíme editovat do funkční podoby a pak je spojíme do struktury odpovídající logice problému. Pak lze program spustit, a to několika způsoby, například jednorázově, opakovaně, nebo se znázorněním toku dat v logice programu.

Sběr dat v softwaru LabVIEW znamená pořízení dat ze signálů měřicích přístrojů, jejich digitalizaci a následnou analýzu, zpracování a prezentaci skrz platformu PC. Existuje celá řada způsobů pořizování dat a propojení PC s měřicími kartami. V současnosti je možné propojit karty pomocí sběrnic typu PCI, PXI, PCI Express, PXI

Express, PCMCIA, USB, WI-FI, nebo ethernetové spojení. Kvalitu a způsob sběru dat ovlivňuje hlavně pět těchto faktorů (National Instruments, 2016):

- Snímače
- Signály
- Úprava signálu
- Hardware pro sběr dat
- Software – ovladače a aplikační software

Snímače

Jestliže chceme získat nějakou veličinu z fyzikálního (reálného) prostředí, je jediná možnost, jak tuto veličinu změřit, aby byla použitelná pro aplikační software, a to je měření skrz snímače veličin (National Instruments, 2016). Každá fyzikální veličina, kterou chceme změřit, musí tedy mít vyvinutý snímač, který dokáže převést měřenou veličinu na jinou, kterou dokáže software a PC zpracovat. Zpravidla se jedná o elektrické veličiny. Veličiny, které nyní dokážeme zpracovávat bez problémů jsou například teplota, světlo, zvuk, síla, tlak, poloha, posunutí, akcelerace, pH atd. V případě používání konkrétního snímače je nutné se seznámit s podmínkami užití snímače, protože každý snímač může mít jiné požadavky pro svou práci, například může vyžadovat buzení, nebo může vyžadovat dodatečné komponenty pro svou bezchybnou práci.

Signály

Jak je popsáno výše, snímače přeměňují měřený fyzikální jev na měřitelný signál. Ovšem signály je nutné měřit vhodným způsobem. Proto dělíme signály na dva základní druhy.

- Analogové
- Digitální

Analogové signály

Analogový signál můžeme definovat jako signál, který může nabývat libovolnou hodnotu v čase. Příkladem analogového signálu je napětí, teplota nebo tlak. Tyto veličiny mají tři základní charakteristiky a to úroveň, tvar a frekvenci (National Instruments, 2016).

Úroveň signálu je důležitým ukazatelem pro měření například intenzity světla, nebo velikost teploty. Obecně se úroveň těchto signálů nemění v čase příliš rychle.

Tvar signálu je důležitý například při měření videosignálů, zvuku, reakcí obvodů. Tvar signálů může být pojmenován podle charakteristického tvaru jako například sinusový, čtvercový, pilový atd. Z tvaru signálu můžeme získat hodnoty špiček nebo sklonu.

Frekvence jako jediná se nedá měřit přímo, ale díky frekvenční charakteristice lze analogové signály třídit. Pokud je tato charakteristika pro naše měření nejdůležitější, je nutné zvolit vhodné parametry pro měření, zvláště přesnost a rychlost sběru dat. Tyto data se následně analyzují pomocí softwaru, který může využívat například Fourierovu transformaci. Frekvenční charakteristiky se používají například v analýze řeči, telekomunikací atp.

Digitalní signály

Digitální signál neanalyzujeme vzhledem k času, protože má pouze dvě polohy, nízkou a vysokou. Z digitálního signálu můžeme získat pouze informaci o stavu a rychlost změny nebo trvání. Pro digitální signál používáme specifikaci TTL, která říká, že když úroveň napětí je mezi 0 – 0,8 V je to logická 0 a když je napětí 2 až 5 V je to logická jednička.

Úprava signálu

Některé signály mohou být ve svém původním stavu nezpracovatelné například z důvodů bezpečnosti, hlučnosti okolí, malé nebo příliš velké síly signálu a proto je nutné tyto signály upravit před samotným zpracováním tak, aby sběr dat byl efektivní. Pro tyto účely byly vyvinuty systémy pro úpravu signálu, které mohou být modulární nebo integrované. Mezi nejčastější úpravy signálu patří

- Zesílení
- Utlumení
- Izolace

Hardware pro sběr dat

Hardware pro sběr dat je nutný pro zprostředkování přístupu počítače k datům. Jeho funkce je digitalizace analogových dat tak, aby je mohl počítač zpracovat. Hardware pro vstup a výstup může být různého typu:

- Analogový
- Digitální
- Počítadlo / čítač
- Multifunkční – kombinuje všechny předchozí

Hardware je nutné k počítači připojit a to můžeme uskutečnit mnoha způsoby, prakticky přes jakékoliv sběrnice, které na počítačích najdeme. Nejrychlejším typem připojení je PXI Express, vyvinutá firmou National Instruments a založená na standardu PCI Express (NATIONAL INSTRUMENTS, 2012). Je možné hardware připojovat i bezdrátově pomocí například Wi-Fi.

Software – ovladače a aplikační software

Ovladače zajišťují správnou funkci hardwaru pro sběr dat, jeho správnou komunikaci s počítačem. Vytváří střední vrstvu mezi aplikačním softwarem a hardwarem. Software ovladačů také zabraňuje tomu, aby programátor musel provádět programování na úrovni registru nebo komplikované příkazy pro přístup k hardwarovým funkcím. National Instrument například nabízí software NI-DAQmx, který urychluje práci při konfiguraci hardware, jeho programování a jeho nasazení. V tomto softwaru je implementován pomocník, který pomáhá s vyřešením základních úloh a značně tak urychluje přechod k měření.

Aplikační software je nástrojem pro analýzu, zpracování a prezentaci nasbíraných dat. Všechny popsané funkce můžeme naprogramovat v aplikačním softwaru sami, nebo můžeme použít přednastavené šablony, které jsou k dispozici v softwaru. Šablony řeší většinu základních úloh a mohou být okamžitě použity pro měření, nebo mohou sloužit jako základ upraveného virtuálního přístroje.

V našem případě jsem použil optočlen QRD1113 pro analogový signál, úpravu signálu nebude třeba provádět a jako měřicí hardware byla použita platforma Arduino ve 3 svých verzích a porovnána s hardwarem společnosti National Instrument.

3 Vývojové desky Arduino

V roce 2005 započal projekt vývoje desek Arduino jako levný set pro studenty z Interaction Design Institute (SELECKÝ, 2016). Projekt je koncipován jako open source, proto se můžeme setkat s mnoha klony těchto desek pod jiným obchodním názvem. Rozsah dnešní nabídky desek Arduino je velice široký a desky je možno použít v široké oblasti aplikací. Domovskou webovou stránkou projektu Arduino je www.arduino.cc. Vývojová deska Arduino má většinou zabudovaný procesor firmy Atmel, ale můžeme se setkat i s čipy jiných výrobců jako například Atheros, Microchip nebo Intel. Typicky je vyvedena v modré barvě a má jednoduchý design. K vývojovým deskám je možno připojit takzvané shieldy, které rozšiřují možnosti desky, které požadujeme a v základní desce chybí, například WiFi shield. Následující obrázek číslo 2 znázorňuje porovnání desek Arduino v několika parametrech. Programy pro desky Arduino se mohou psát například v Arduino Software (IDE), které je napsáno v jazyce Java.

| Jméno | procesor | Vstupní napětí [V] | Frekvence CPU [MHz] | Analog I/O | Digital I/O | EEPROM [kB] | SRAM [kB] | Flash [kB] | USB | UART |
|----------|------------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------|-------------|-----------|------------|---------|------|
| UNO | ATmega 328P | 5/7-12 | 16 | 6/0 | 14/6 | 1 | 2 | 32 | B | 1 |
| Leonardo | ATmega32u4 | 5/7-12 | 16 | 12/0 | 20/7 | 1 | 2,5 | 32 | micro | 1 |
| 101 | Intel Curie | 3,3/7-12 | 32 | 6/0 | 14/4 | 0 | 24 | 196 | B | 0 |
| Nano | ATmega328P | 5/7-9 | 16 | 8/0 | 14/6 | 1 | 2 | 32 | mini | 1 |
| Mini | ATmega328P | 5/7-9 | 16 | 8/0 | 14/6 | 1 | 2 | 32 | - | 0 |
| Mega | ATmega2560 | 5/7-12 | 16 | 16/0 | 54/15 | 4 | 8 | 256 | B | 4 |
| Zero | ATSAMD21G18 | 3,3/7-12 | 48 | 6/1 | 14/10 | 0 | 32 | 256 | 2xmicro | 2 |
| Due | AT91SAM3X8E | 3,3/7-12 | 84 | 12/2 | 54/12 | 4 | 8 | 256 | B | 4 |
| Yun | ATmega32U4AR AR9331 | 5 | 16/400 | 12/0 | 20/7 | 1 | 2,5/16 | 32/64 | Micro | 1 |

Obrázek 2 Porovnávací přehled

3.1 Popis nejdůležitějších desek.

Důležitost desek můžeme posuzovat z mnoha hledisek jako například rozšířenost mezi uživateli, nejlepší podpora komunity, nejkvalitnější komponenty, nebo největší potenciál. Snažil jsem se vybrat proto desky, které jsou mezi uživateli rozšířené a zároveň zajímavé pro mou bakalářskou práci.

Arduino UNO

Nejvíce používaná deska. Je pokračovatelem hlavní vývojové linie desek s názvy Extreme, NG, Diecimila a Duemilanove. Procesorem je ATmega328 a má port pro USB. Z této desky se vyvinuly další dvě speciální a to Arduino Ethernet, která má stejnou výbavu jako Uno, ale místo USB používá ke komunikaci ethernetou přípojku. Druhou je Arduino Bluetooth, ta používá místo USB Bluetooth. Arduino Uno má 14 digitálních vstupních / výstupních pinů (z nichž 6 lze použít jako výstupy PWM), 6 analogových vstupů, 16 MHz křemíkový krystal, USB připojení, napájecí konektor, záhlaví ICSP a tlačítko reset. Vše potřebné k podpoře mikrokontroléru je už na základní desce; jednoduše jej můžeme připojit k počítači pomocí kabelu USB nebo ho napájíme pomocí adaptéru AC nebo baterií. Deska Uno a verze 1.0 Arduino Software (IDE) byly zvoleny jako referenční verze desek Arduino, které se vyvíjely dále na novější verze. Deska Uno je první ze série desek Arduino s USB.

Arduino Leonardo

Leonardo se liší od všech předchozích desek tím, že čip ATmega32u4 má vestavěnou komunikaci USB, čímž eliminuje potřebu sekundárního procesoru.

Arduino 101

Studijní a vývojová deska, která má velký výkon a nízkou spotřebu díky modulu Intel® Curie™ a jednoduchosti systému Arduino. Má zabudován Bluetooth a 6-osý akcelerometr a gyroskop, které pomohou snadno rozšířit možnosti desky. Modul obsahuje dvě drobné jádra, jádro architektury x86 (Quark) a 32bitové jádro architektury ARC, které jsou taktovány na 32MHz. Nástroje Intel dokáže rozdělit program pro Arduino 101 optimálně na obě jádra, může tak provést velmi náročné programy. Operační systémy a prostředí vyvinuté společností Intel jsou open source. Prostředí pro Intel Curie je stále ve vývoji a nové funkce budou dále zveřejňovány v blízké budoucnosti. Model

101 je dodáván se 14 digitálními vstupními, výstupními kolíky (z nichž 4 lze použít jako výstupy PWM), 6 analogových vstupů, USB konektor pro sériovou komunikaci a nahrávání programu, napájecí konektor. Provozní napětí pro vstupy a výstupy je 3,3V, ale všechny spínače jsou chráněny proti přepětí 5V.

Arduino Nano

Arduino Nano je malá, kompletní deska založená na ATmega328 (Arduino Nano 3.x). Má podobnou funkcionalitu jako Arduino Uno. Chybí pouze napájecí zdířka DC a pracuje s kabelem USB Mini-B místo standardního.

Arduino Mini

Arduino Mini 05 je malá deska původně založené na ATmega168, ale nyní jsou dodávány s ATmega328. Jsou určeny pro použití na vývojové desky a tam kde není příliš mnoho prostoru. Má 14 digitálních vstupních, výstupních kolíků (z nichž 6 může být použito jako výstupy PWM), 8 analogových vstupů a 16 MHz krystalový oscilátor. Může být naprogramován pomocí adaptéru USB nebo jiného sériového adaptéru.

Arduino Mega

Arduino Mega 2560 je deska založená na ATmega2560. Obsahuje 54 digitálních vstupních a výstupních kolíků (z nichž 15 může být použito jako výstupy PWM), 16 analogových vstupů, 4 UART (hardwarové sériové porty), 16 MHz krystalový oscilátor, USB připojení, napájecí konektor a resetovací tlačítko. Deska Mega 2560 je kompatibilní s většinou shieldů určených pro Uno a bývalé desky Duemilanove nebo Diecimila. Arduino Mega 2560 je aktualizací Arduino Mega, kterou nahrazuje.

Arduino Zero

Zero je jednoduché a výkonné 32bitové rozšíření platformy Uno. Zero rozšiřuje skupinu Arduino tím, že poskytuje vyšší výkon, umožňuje řadu projektových příležitostí pro zařízení a působí jako skvělý vzdělávací nástroj pro učení vývoje 32bitových aplikací. Aplikace Zero pokrývají zařízení smart IoT, nositelnou technologii, high-tech automatizaci a robotiku. Deska je osazena MCU Atmel SAMD21, která je vybavena 32bitovým jádrem ARM Cortex® M0+. Jednou z jeho nejdůležitějších vlastností je integrovaný ladicí program Atmel (EDBG), který poskytuje úplné ladění rozhraní bez

potřeby dalšího hardwaru, což významně zvyšuje snadnost použití při ladění softwaru. EDBG podporuje také virtuální COM port, který lze použít pro programování zařízení a zavaděče.

Arduino Due

Arduino Due je deska založená na procesoru Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Jedná se o první desku Arduino založenou na 32bitovém mikrokontroléru s ARM jádrem. Obsahuje 54 digitálních vstupních a výstupních pinů (z toho 12 lze použít jako výstupy PWM), 12 analogových vstupů, 4 UART (hardwarové sériové porty), 84 MHz křemíkový krystal, 2 DAC (konvertor digitálního signálu na analogový), napájecí konektor, resetovací tlačítko.

Arduino Yun

Arduino Yun je deska založená na ATmega32u4 a Atheros AR9331. Procesor Atheros podporuje distribuci Linuxu založenou na OpenWrt s názvem Linino OS. Deska má vestavěnou podporu Ethernet a WiFi, port USB-A, slot pro micro-SD kartu, 20 digitálních vstupních / výstupních kolíků (7 z nich může být použito jako výstupy PWM a 12 jako analogové vstupy) oscilátor, připojení micro USB a 3 tlačítka pro resetování. Yun se odlišuje od ostatních desek Arduino svou schopností komunikovat s distribucí Linux na jedné desce, nabízí tak výkonný síťový počítač s jednoduchostí Arduina. Kromě příkazů Linuxu, jako je cURL, můžou být napsány vlastní shell, nebo python skripty pro interakci mezi oběma čipy. Yun je podobný desce Leonardo s ATmega32u4, krom toho, že má Linux. Má vestavěné USB, čímž eliminuje potřebu sekundárního procesoru. Nový Arduino Yun R5 se podstatně liší od předchozí verze v těchto vlastnostech: napájecí systém poskytuje 5 V na AREF; rozložení bylo upraveno, byly přidány dva otvory pro USB a dva otvory pro GP6 a GPIO13 (LED2).

Arduino Tian

Deska Arduino Tian má procesor Atmel SAMD21 MCU s 32bitovým jádrem ARM Cortex® M0 + a Qualcomm Atheros AR9342, což je vysoce integrovaný MIPS procesor pracující až do 533MHz. Je implementován modul IEEE802.11n 2x2 2,4 / 5 GHz dual-band WiFi. Qualcomm Atheros MIPS podporuje linuxovou distribuci založenou na OpenWRT s názvem Linino. Arduino Tian má také vestavěnou paměť 4 MB eMMC,

která pomáhá při sestavování větších projektů. Je možné zapnout nebo vypnout port Linuxu z MCU, aby se snížila spotřeba energie.

3.2 Specifikace AD převodníků podle čipů

AD převodníky slouží k převodu měřených veličin z analogových hodnot na digitální hodnoty, které jsou pro PC potažmo Labview zpracovatelné. Převodník je zabudován v čipu desky a jeho parametry jsou popsány v produktovém listu čipu. Protože jsou na vývojových deskách Arduino osazeny různé čipy, nemají desky totožné charakteristiky AD převodníků. Zde jsou důležité hodnoty každého převodníku rozdělených podle čipů (INTEL), (MICROCHIP, 2016), (MICROCHIP, 2018):

ATmega328/P

- 10 bit rozlišení
- 0.5 LSB integrální nelinearita
- ± 2 LSB absolutní přesnost
- 13–260 mikrosekund čas konverze
- až 15000 vzorků za sekundu při 10 bitech
- 6 kanálů v multiplexoru
- 0 - Vcc rozsah napětí
- volitelné 1,1 V referenční napětí
- volba modu odběru vzorků kontinuálně, nebo jednotlivě

ATmega32u4

- 10/8 bit rozlišení
- 0.5 LSB integrální nelinearita
- ± 2 LSB absolutní přesnost
- 65–260 mikrosekund čas konverze
- až 15000 vzorků za sekundu při 10 bitech
- 12 kanálů v multiplexoru
- volitelné zesílení signálu 1x – 10x – 40x – 200x
- 0 - Vcc rozsah napětí
- volitelné 2,56 V referenční napětí

- volba modu odběru vzorků kontinuálně, nebo jednotlivě
- start převodu samospustěním

Intel Curie

- 5 analogových vstupů
- 12/10/8/6 bit rozlišení
- až 2,24 milionu vzorků za sekundu
- stavitelný regulátor vnitřního napětí s digitální kalibrací

ATmega2560

- 10 bit rozlišení
- 1 LSB integrální nelinearita
- ± 2 LSB absolutní přesnost
- 13–260 mikrosekund čas konverze
- až 15000 vzorků za sekundu při 10 bitech
- 16 kanálů v multiplexoru
- 14 diferenčních vstupů
- 4 diferenční vstupy s volitelným zesílením 10x a 200x
- 0 - Vcc rozsah napětí
- volitelné 1,1 nebo 2,56 V referenční napětí
- volba modu odběru vzorků kontinuálně, nebo jednotlivě

ATSAMD21G18

- 12/10/8 bit rozlišení
- 6,5 LSB integrální nelinearita
- $\pm 8,5$ LSB absolutní přesnost
- až 350 ksps při free-running
- 32 analogových vstupů, diferenční a jednotlivé
- 0,5 - 16 zesílení
- volba sledování pinu – jednotlivě, kontinuálně
- možnost nastavení referenčního napětí
- hardwarové zesílení a kompenzace offsetu

- možnost průměrování a oversampling
- volitelný čas vzorkování

AT91SAM3X8E

- 12/10 bit rozlišení
- 1 LSB integrální nelinearita
- 1 msp
- 16 analogových vstupů, difereční a jednotlivé
- programovatelné zesílení
- možnost zapínání a vypínání každého kanálu
- hardwarové a softwarové spouštění

| Mikrokontroler | ATmega328P (Uno, Nano, Mini) | ATmega32u4 (Leonardo, Yun) | Intel Curie (101) | ATmega2560 (Mega) | ATSAMD21G18 (Zero) | AT91SAM3X8E (Due) |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| ADC | | | | | | |
| Rozlišení [bit] | 10 | 10/8 | 12/10/8/6 | 10 | 12/10/8 | 12 |
| Doba převodu [ksps] | 15 | 15 | | 15 | 350 | 1000 |
| Rozsah napětí [V] | 0-V _c | 0-V _c | 0-V _c | 0-V _c | 0-V _c | |
| Volitelné napětí [V] | 1,1 | 2,56 | | 1,1/2,56 | | |
| DAC | | | | | | |
| Rozlišení [bit] | - | - | - | - | 10 | 12 |
| Doba převodu [ksps] | | | | | 350 | 1000 |

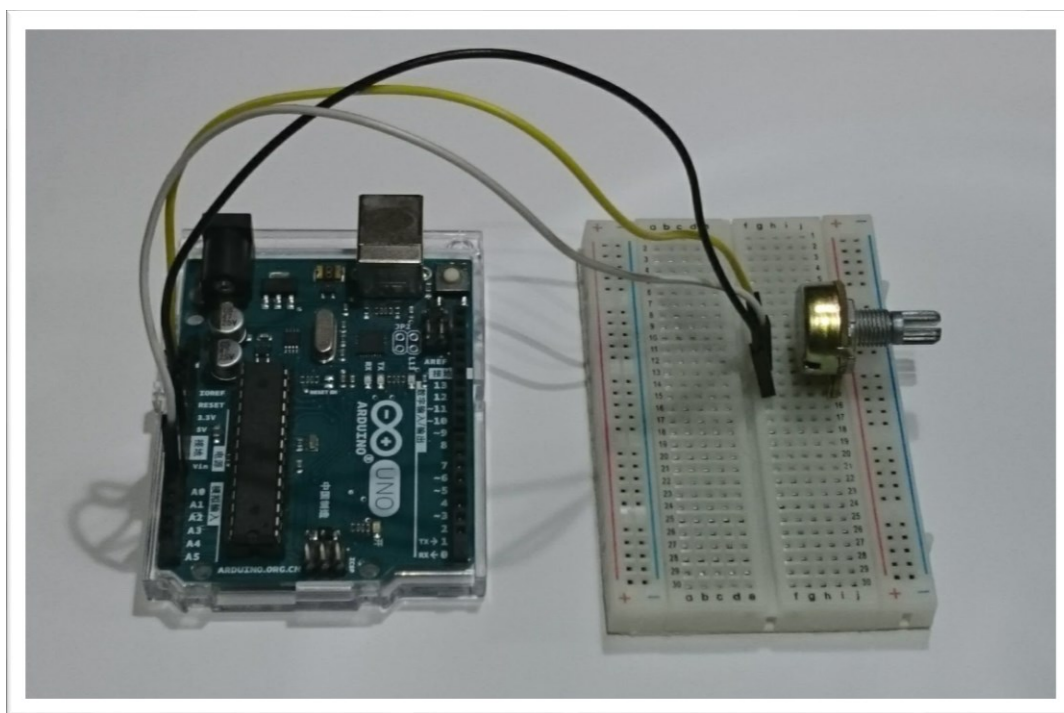
Obrázek 3 Souhrnný přehled vlastností převodníků

4 Moduly pro propojení desek Arduino s LabVIEW a test

V této kapitole popíšu moduly umožňující propojení desek Arduino s LabVIEW, dále jsem se zaměřil na testování připojení desek Arduino k LabVIEW, jaké možnosti má uživatel k dispozici a každou z možností jsem prověřil jednoduchým testem, který je schopen sestavit začínající uživatel.

4.1 Specifikace testu propojení

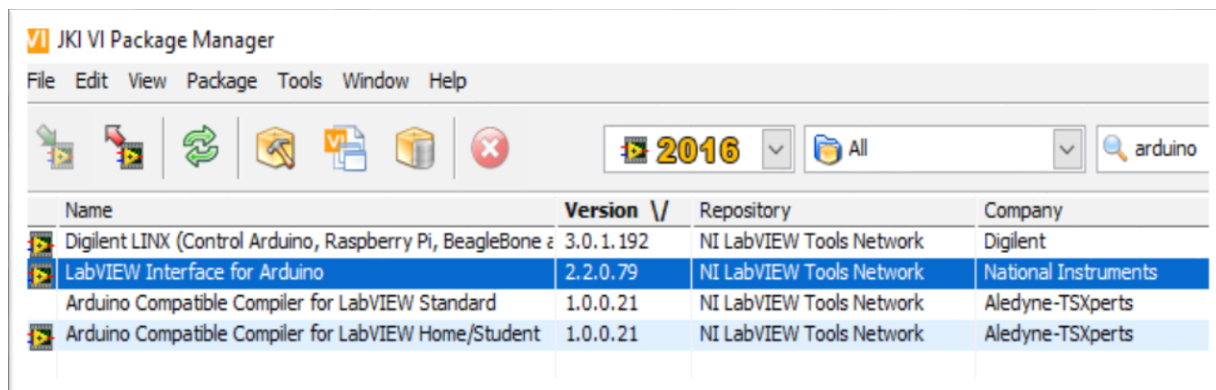
Pro testování propojení mezi deskou Arduino a LabVIEW jsem připojil potenciometr umístěný na nepájivém poli k desce Arduino. Tato sestava mi umožnila snímat analogový signál a posílat ho do LabVIEW. Na obrázku 4 je ilustrativní sestavení s deskou Arduino Uno. Z desek Arduino jsem vybral desky UNO, Leonardo a Mega, protože ty jsou podporovány všemi moduly v LabVIEW a zároveň jsou tyto desky nejpoužívanější. Nainstaloval jsem vývojové prostředí Arduino Software (IDE), které je nutné nainstalovat do předdefinovaného umístění na disku C. To je vyžadováno ovladačem firmy Aledyne.



Obrázek 4 Sestava základní desky Arduino a potenciometr

4.2 Moduly pro propojení Arduino s LabVIEW

K instalaci různých modulů a ovladačů zařízení pro software LabVIEW může sloužit software VI Package Manager (VIPM) firmy JKI. Zde nalezneme doplňky jak od firmy National instruments, tak i doplňky třetích stran. Zde také najdeme po zadání klíčového slova Arduino doplňky, které se týkají vývojových desek Arduino, vhodných pro nainstalovanou verzi LabVIEW.



Obrázek 5 Doplňky pro desky Arduino

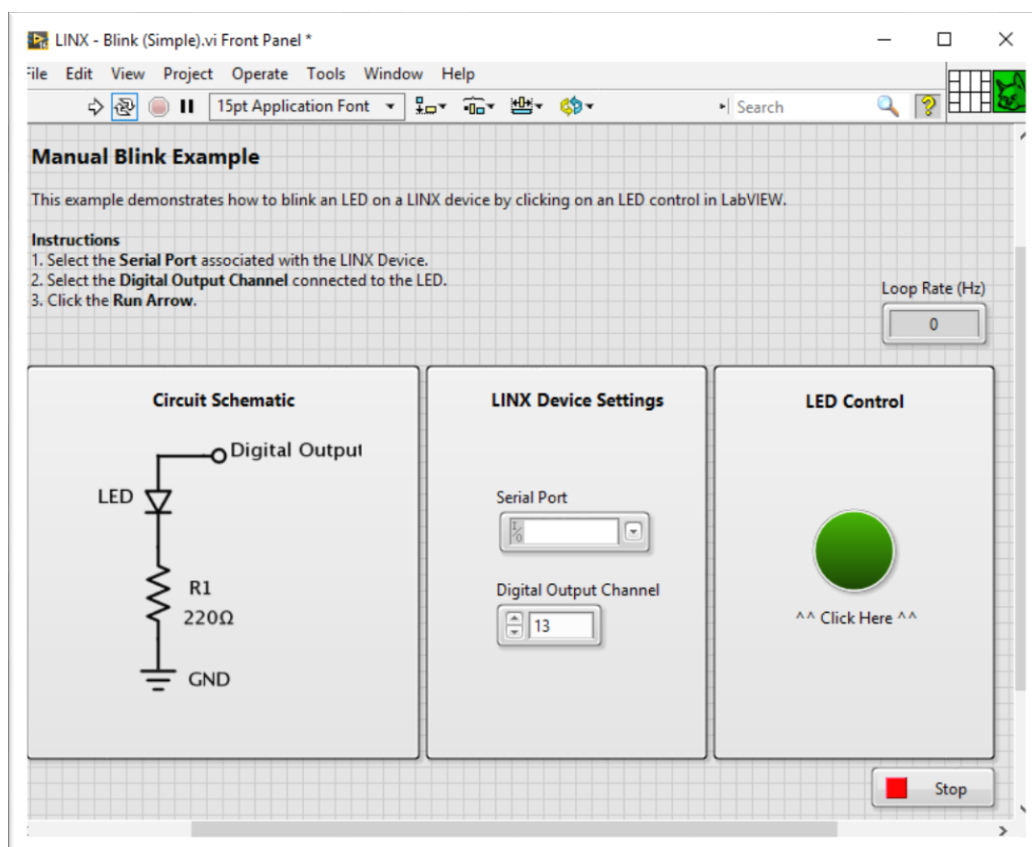
V současné době je možnou použít tři moduly pro propojení desek Arduino a LabVIEW. Prvním je LabVIEW interface for Arduino, druhým je LINX společnosti Digilent a třetím je Arduino Compatible Compiler for LabVIEW od firem Aledyne a TSXperts. První dva doplňky jsou zdarma a třetí doplněk je placený, pro vyzkoušení na sedm dní zdarma. U LabVIEW interface for Arduino byla ukončena podpora výrobce modulu, kterým byl National Instruments a podporuje pouze desky Uno a Mega. Digilent LINX v současnosti podporuje tyto desky: Uno, Mega2560, Leonardo, Pro Micro a Nano. V současnosti se neplánuje rozšíření podporovaných desek. Poslední modul podporuje všechny desky Arduino, které podporuje Arduino Software (IDE). Jako zkušební úlohu jsem vybral čtení hodnoty potenciometru. Tato jednoduchá úloha umožní ověření připojení a stability přenosu dat z desek Arduino do nástroje v LabVIEW. Pro připojení desek Arduino je nutno moduly nainstalovat.

Digilent LINX

Digilent je dceřiná společnost National Instrument zabývající se vývojem a výrobou elektrotechnického zařízení, která mají sloužit k výuce, hlavními zákazníky jsou tedy univerzity a studenti. Digilent vyvíjí své produkty hlavně s Xilinx, Analog Devices, Cypress Semiconductor a National Instruments. Za úkol má hlavně edukační činnost a podporu pro vyučující. Digilent byl založen v roce 2000 dvěma profesory elektrotechniky na Washington State University, Clintem Coleem a Gene Appersonem. Cole a Apperson vyvinuly základní programovatelné desky, které používali pro své přednášky. Tento model výuky se velmi osvědčil a tyto desky byly poté vyráběny komerčně pod značkou Digilent. Digilent zároveň podporoval komunitu, která se kolem desek objevila a tím ještě zvýšila atraktivitu svých desek. Postupem se firma rozrůstala a poté byla odkoupena firmou National Instrument.

Modul Linx je po nainstalování připraven k použití a provede uživatele připojením desky Arduino pomocí průvodce. Instalace obsahuje i příklady použití pro LabVIEW. Modul podporuje desky s čipem firmy Atmel.

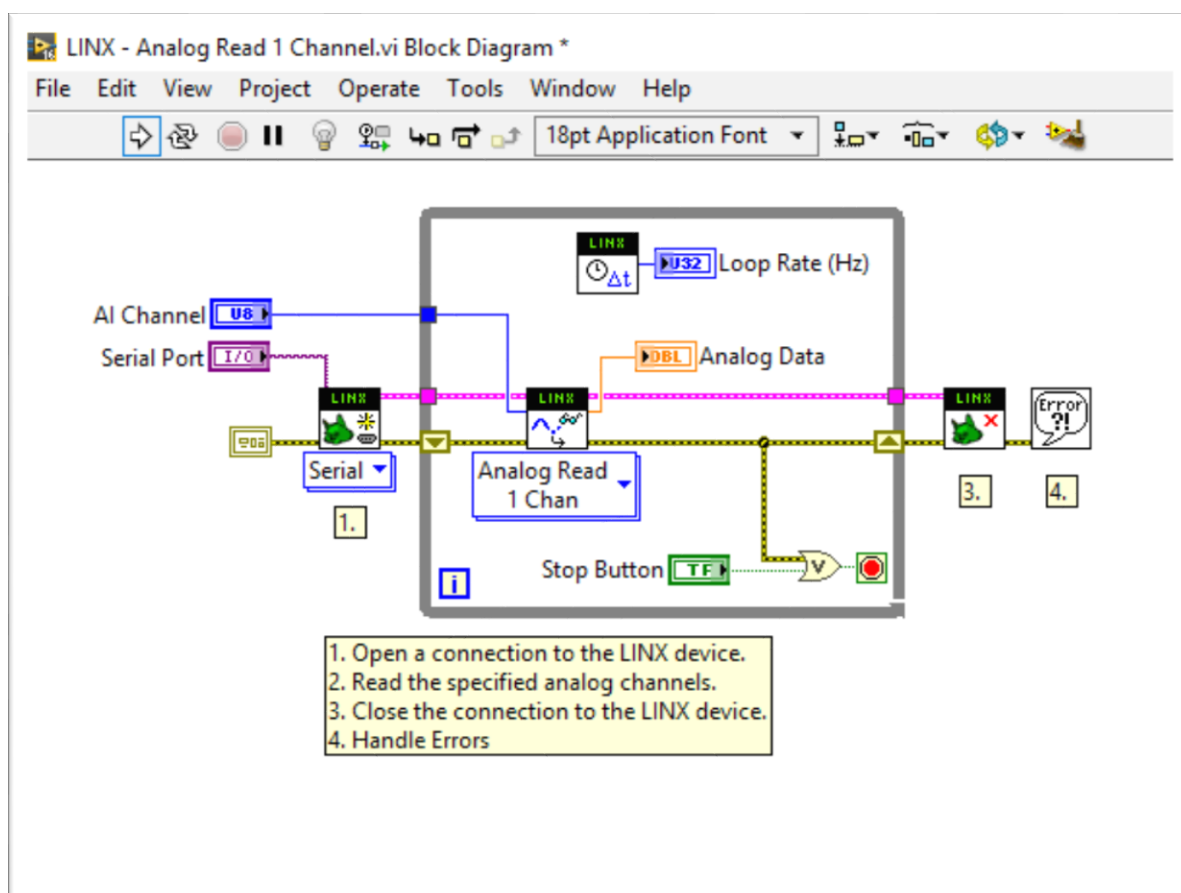
K průvodci připojení se dostaneme z čelního panelu LabVIEW, v záložce Tools - Markerhub-LINX-LINX firmware wizard a po ukončení instalace firmwaru desky je možno si ověřit funkčnost připojení na jednoduchém příkladu, jehož čelní panel vidíte na obrázku 6.



Obrázek 6 Čelní panel příkladu pro ověření připojení

Hned v úvodu při testování připojení se objevil problém s ustavením připojení. Naprogramovanou úlohu lze spustit, ale po zastavení už není možno se k desce připojit. Jediným řešením je stisk tlačítka reset na základní desce Arduino. Poté lze opět v LabVIEW spustit virtuální nástroj a je opět funkční. Při každém zastavení se problém opakuje. Toto chování je ale nutné ověřit ještě na jiném PC s nainstalovaným LabVIEW. Tento problém je popsán i na fóru Digilent, ovšem oprava popsáním způsobem přesahuje mé vědomosti.

Dalším krokem bylo vytvoření virtuálního nástroje pro plánované měření hodnot potenciometru. K tomu jsem využil nainstalované virtuální přístroje určené pro modul Digilent LINX. Z nich jsem vybral jednoduchý virtuální přístroj, který mi umožnil snímat hodnotu napětí na potenciometru. Blokové schéma vybraného virtuálního nástroje je na obrázku 7.



Obrázek 7 Blokové schéma testovacího přístroje LINX

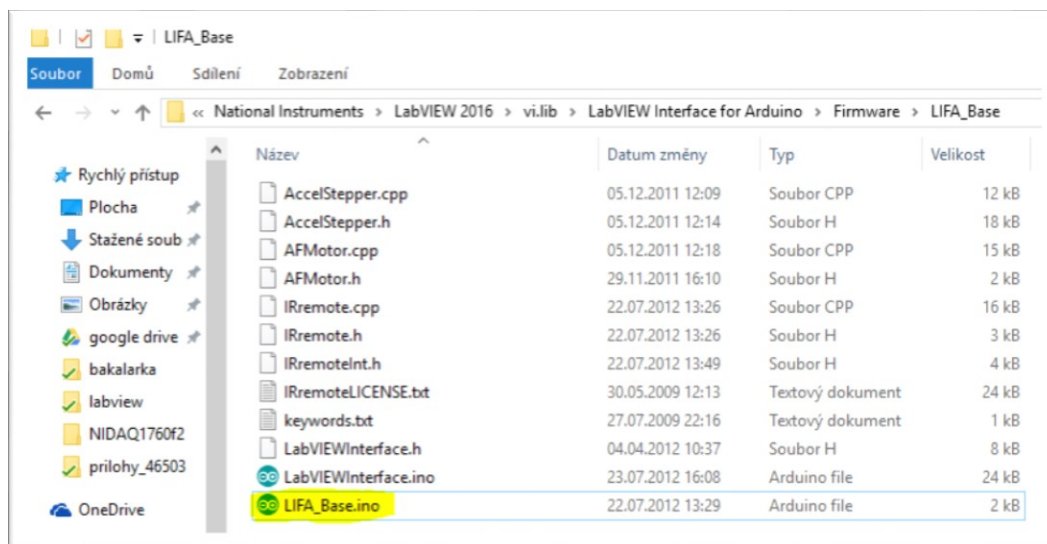
Při testování nástroje vyšlo najevo, že není možné nastavovat rychlost sběru dat, což je zásadní problém. Po prohledání webových stránek odkazujících na projekt LINX jsem nikde nenašel dokumentaci, která by detailněji popisovala fungování použitých bloků.

Tento modul má velmi omezené možnosti, jediná hodnota týkající se rychlosti sběru dat je rychlost vnitřní smyčky Loop Rate, jak je vidět na blokovém schématu na obrázku 7. Vypovídací hodnota tohoto údaje je sporná bez dokumentace, která by vysvětlila jeho použití.

LabVIEW interface for Arduino (LIFA)

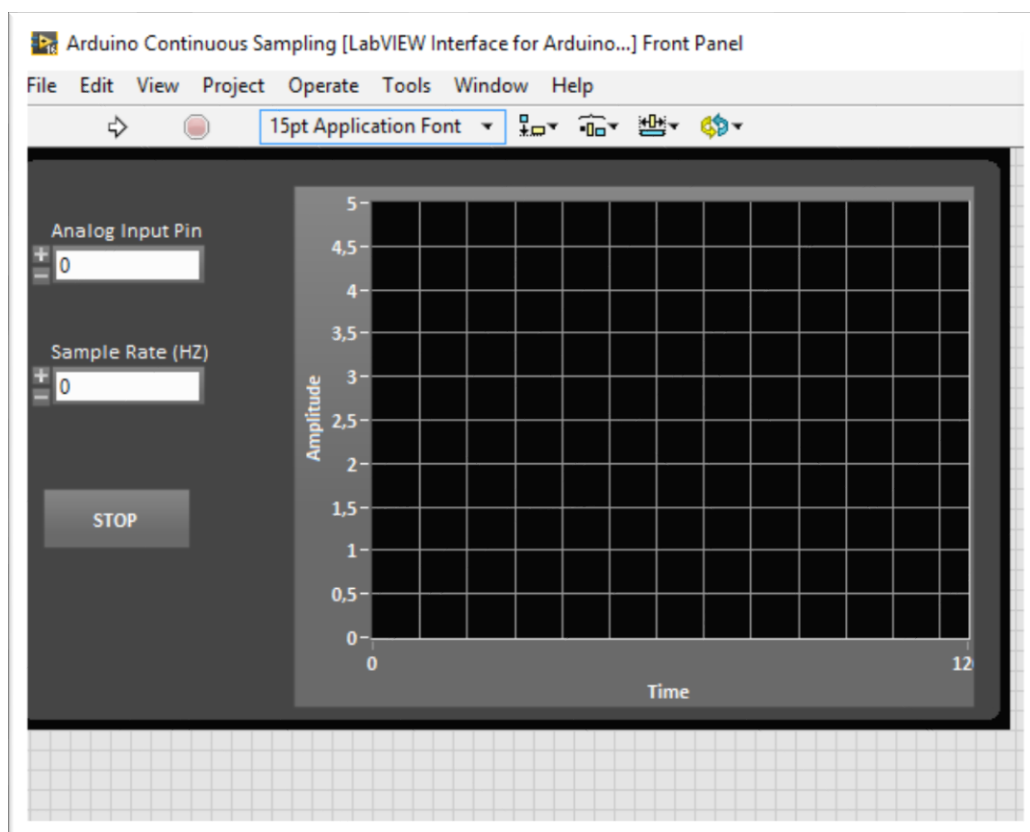
Tento modul byl vytvořen firmou National Instruments a je v současné době prezentován na oficiálních stránkách pouze v sekci komunita. Modul už není dále vyvíjen a ani podporován. V sekci jsou uváděny příklady zapojení, rozsáhlé diskuzní fórum a ukázky vytvořených projektů od členů komunity. Příklady mohou sloužit jako výukový materiál. Modul podporuje desky s čipem firmy Atmel Uno a Mega 2560.

Po nainstalování modulu prostřednictvím VI package manager je nutné k zprovoznění připojení instalovat firmware na vybranou desku Arduino prostřednictvím Arduino Software (IDE). V mém případě byl firmware umístěn na cestě znázorněné na obrázku 8.



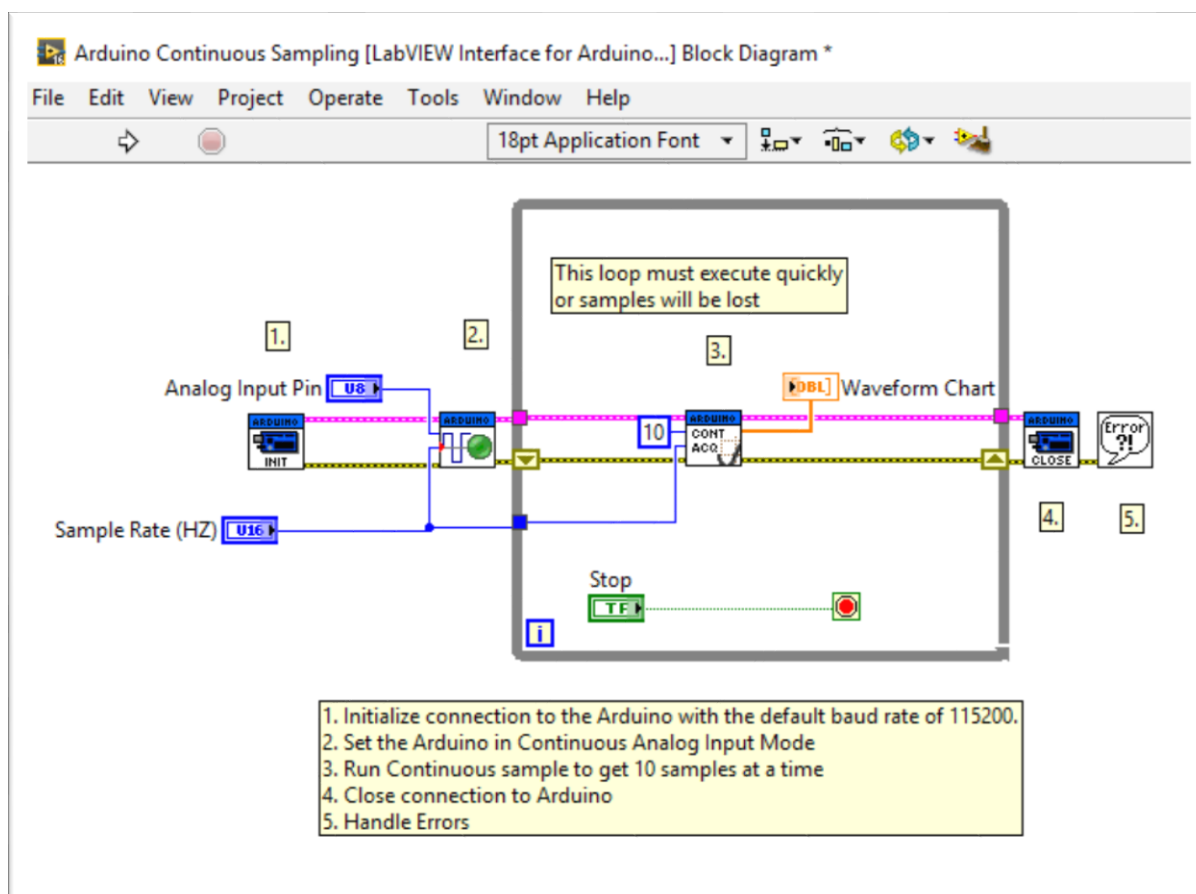
Obrázek 8 Cesta k souboru firmware LIFA

Zde najdeme soubor LIFA_Base.ino, který je firmwarem pro desky Arduino. Tento soubor jsem zkompiloval a nahrál na desku Arduino. Nainstalováním modulu LabVIEW interface for Arduino do LabVIEW přibudou nové ikony, které umožní sestavení virtuálního přístroje pro testování připojení. Jsou prakticky stejné jako u modulu LINX. Je zde ale rozdíl v možnosti volby vzorkovací rychlosti. V sekci příkladů jsem si vybral stejně jako u modulu LINX jeden z příkladů pro čtení analogové hodnoty, abych mohl vyzkoušet připojení desek Arduino a LabVIEW. Na obrázku 9 lze vidět políčko Sample Rate, kde je možno volit velikost vzorkovací frekvence. Na obrázku 10 je zobrazeno blokové schéma testovacího přístroje.



Obrázek 9 Čelní panel virtuálního přístroje

Na obrázku 10 je zobrazeno blokové schéma testovacího přístroje i s podrobným návodem, který mne provedl spuštěním přístroje a popisuje jeho fungování.



Obrázek 10 Blokové schéma testovacího přístroje modulu LIFA

Arduino compatible compiler for LabVIEW (ACCL).

Firmy TSXperts a Aledyne jsou partneři firmy National Instrument a tímto ovladačem chtějí podpořit komunitní vývoj aplikací, které používají alternativní desky pro LabVIEW. Podle informací uvedených na je jejich stránkách modul umožňuje propojit všechny desky Arduino s jakýmkoliv čipem a LabVIEW. Zavádění virtuálního přístroje se děje odlišným způsobem než u předchozích ovladačů. Po sestavení virtuálního přístroje se tento přístroj otevře v kompilátoru, přístroj se zkompile a nahraje na desku Arduino. Je to velice zajímavý způsob a předpokládám, že je tím virtuální přístroj nahrán na desku a je možný jeho autonomní provoz.

Tento ovladač má mnoho výhod oproti ostatním a proto jsem se rozhodl ho testovat až závěrečné fázi mé práce. Tento ovladač poskytuje zajímavou výhodu deskám Arduino v porovnání deskami National Instruments.

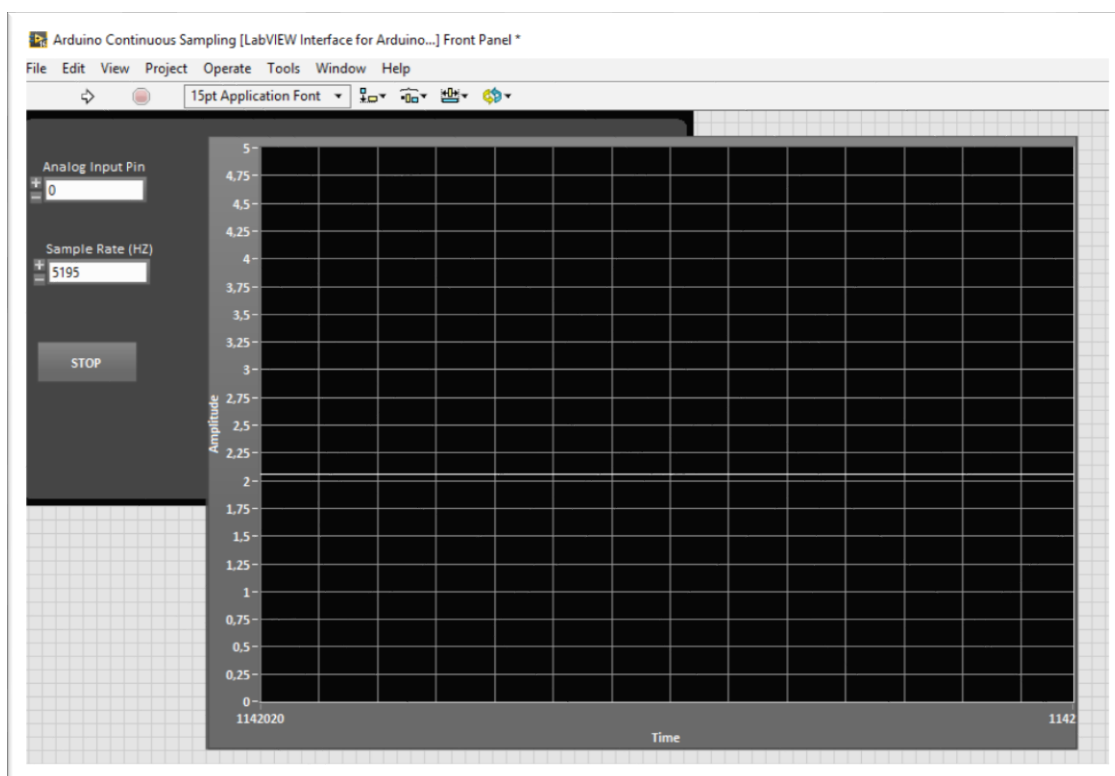
4.3 Provedení testu připojení

Test připojení provedu pomocí modulu LIFA a LINX. Cílem testu je zjistit míru stability připojení a maximální vzorkovací frekvenci na různých deskách Arduino. Poživat budu virtuální přístroj LabVIEW vytvořený jako příklad modulu LIFA a LINX. Virtuální přístroj má název *Arduino continous sampling.vi* a *Analog Read 1 Channel.vi*.

Modul LIFA

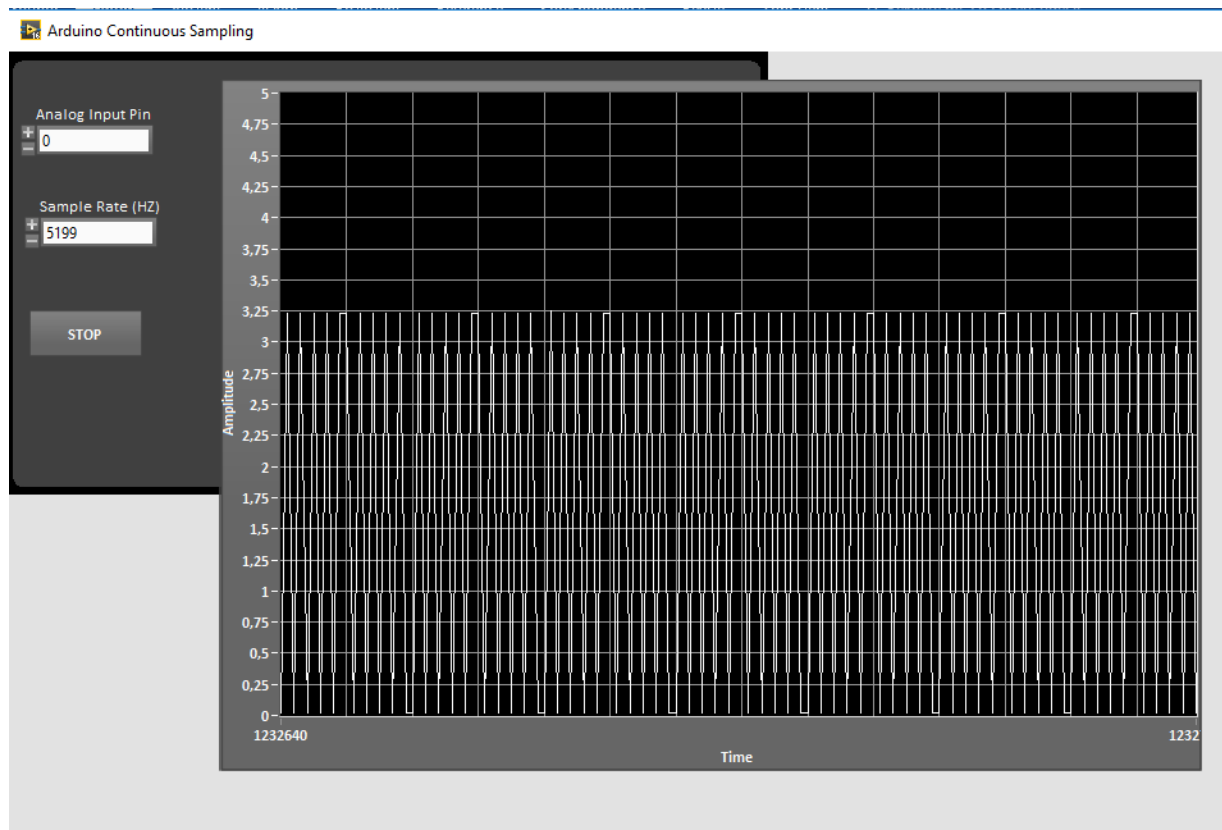
Výsledky pro Arduino UNO:

Arduino UNO je osazena čipem ATmega328. Zde jsou charakteristiky snímaného napětí s určením vzorkovací rychlosti. Rychlost vzorkování je omezena na 5000 Hz. Jak je vidět na obrázku 11, virtuální přístroj ještě při zadané hodnotě 5195 Hz zobrazoval předpokládanou analogovou hodnotu.



Obrázek 11 Charakteristika vzorkovací rychlosti 5195 Hz

Při zadání rychlosti vzorkování 5199 Hz přestal zobrazovat souvislou hodnotu a v grafu se zobrazovaly nic neříkající hodnoty, jak je vidět na obrázku 12.



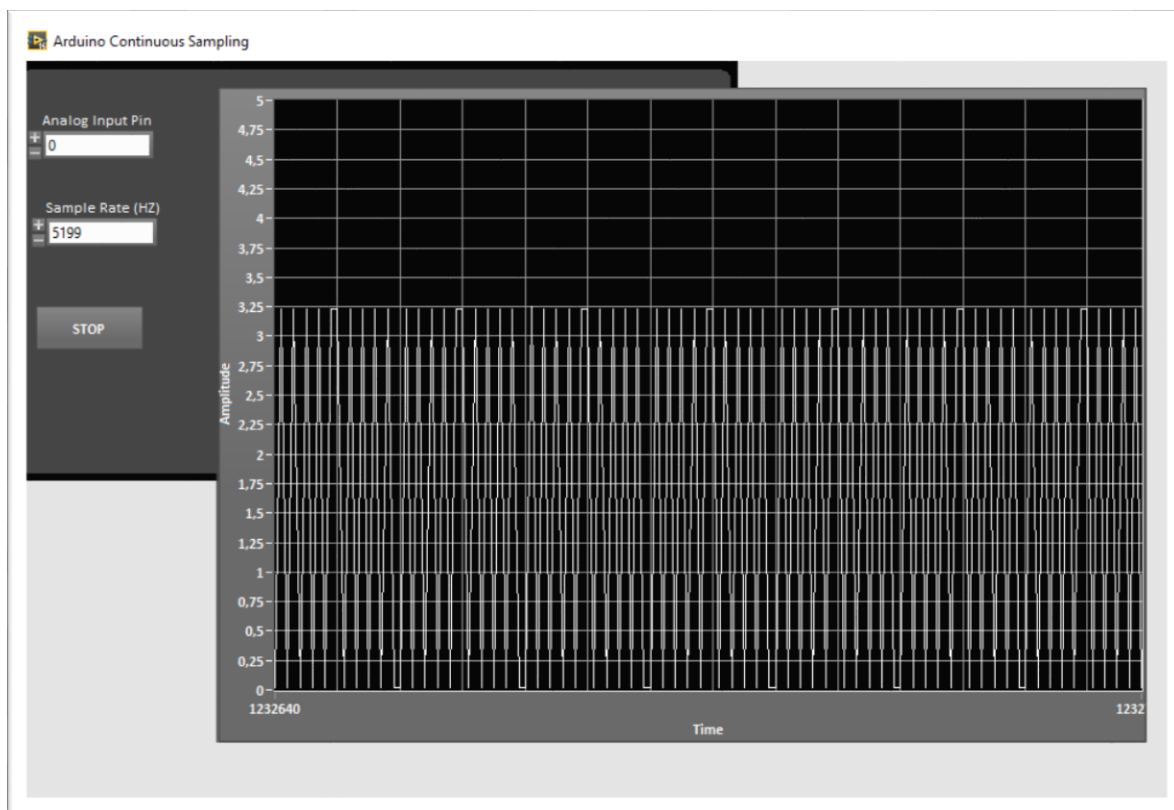
Obrázek 12 Charakteristika vzorkovací rychlosti 5199 Hz

Výsledky pro Arduino Leonardo:

U desky Leonardo se ukázalo, že je osazena nepodporovaným čipem a proto je pro tento test nepoužitelná.

Výsledky pro Arduino Mega:

Deska Arduino Mega je osazena čipem ATmega2560. Zde jsou charakteristiky snímaného napětí s určením vzorkovací rychlosti. Test měl stejný průběh jako u desky Arduino Uno. Obrázek 13 zobrazuje graf hodnot při zadání vzorkovací rychlosti 5199 Hz.



Obrázek 13 Charakteristika vzorkovací rychlosti 5199 Hz

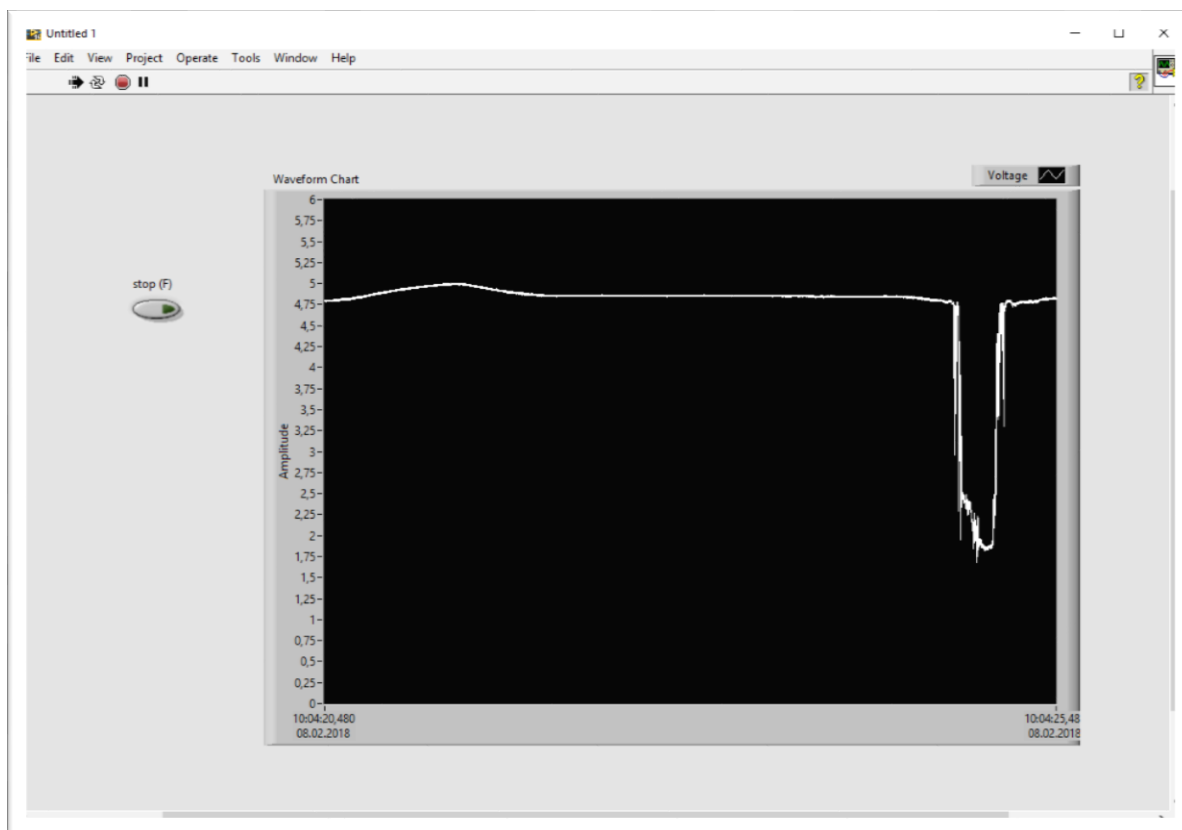
Deska NI USB 6009

Tato deska je prodávána jako levná experimentální deska. Na VŠB-TUO je využívána při výuce. Její vlastnosti jí předurčují k porovnání s deskami Arduino.

Parametry, které mne zajímají jsou:

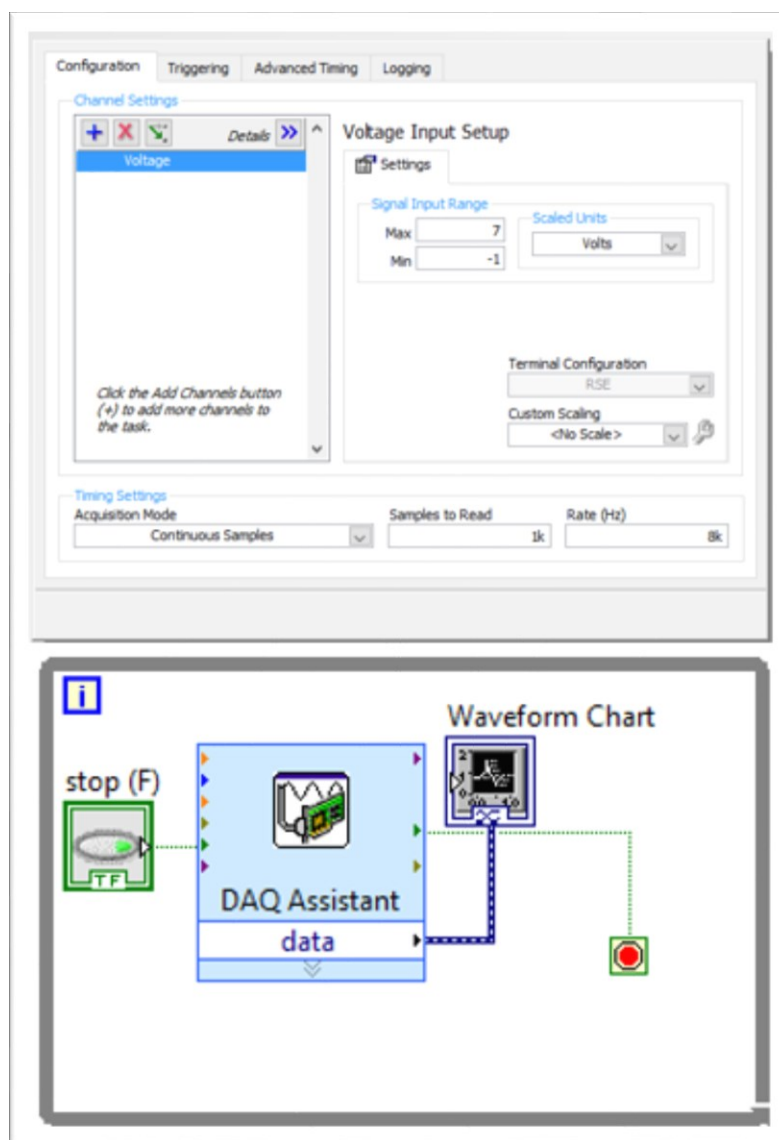
- 8 analogových vstupů
- Rozlišení 14 bit
- Vzorkovací rychlost je 48 000 vzorku za sekundu

Podpora této desky v LabVIEW je samozřejmě nesrovnatelně lepší než u desek Arduino. Desku jde samostatně testovat, kontrolovat datové připojení atd. Nicméně bylo pro můj test důležité porovnat parametry, které mne zajímaly a které můžu zaznamenat i na deskách Arduino. Pro testování jsem použil virtuální přístroj vytvořený pomocí DAQ asistenta. Na obrázku 14 je zobrazen jednoduchý čelní panel se zobrazením snímané veličiny. Pohyb hodnoty v grafu je způsoben pootočením potenciometru.



Obrázek 14 Čelní panel virtuálního přístroje

Na obrázku 15 je zobrazeno jednoduché blokové schéma, které jsem vytvořil i s náhledem konfigurační tabulky DAQ asistenta. Zde jsou zobrazeny hodnoty, které jsem v asistentovi zadal pro snímání analogové veličiny.

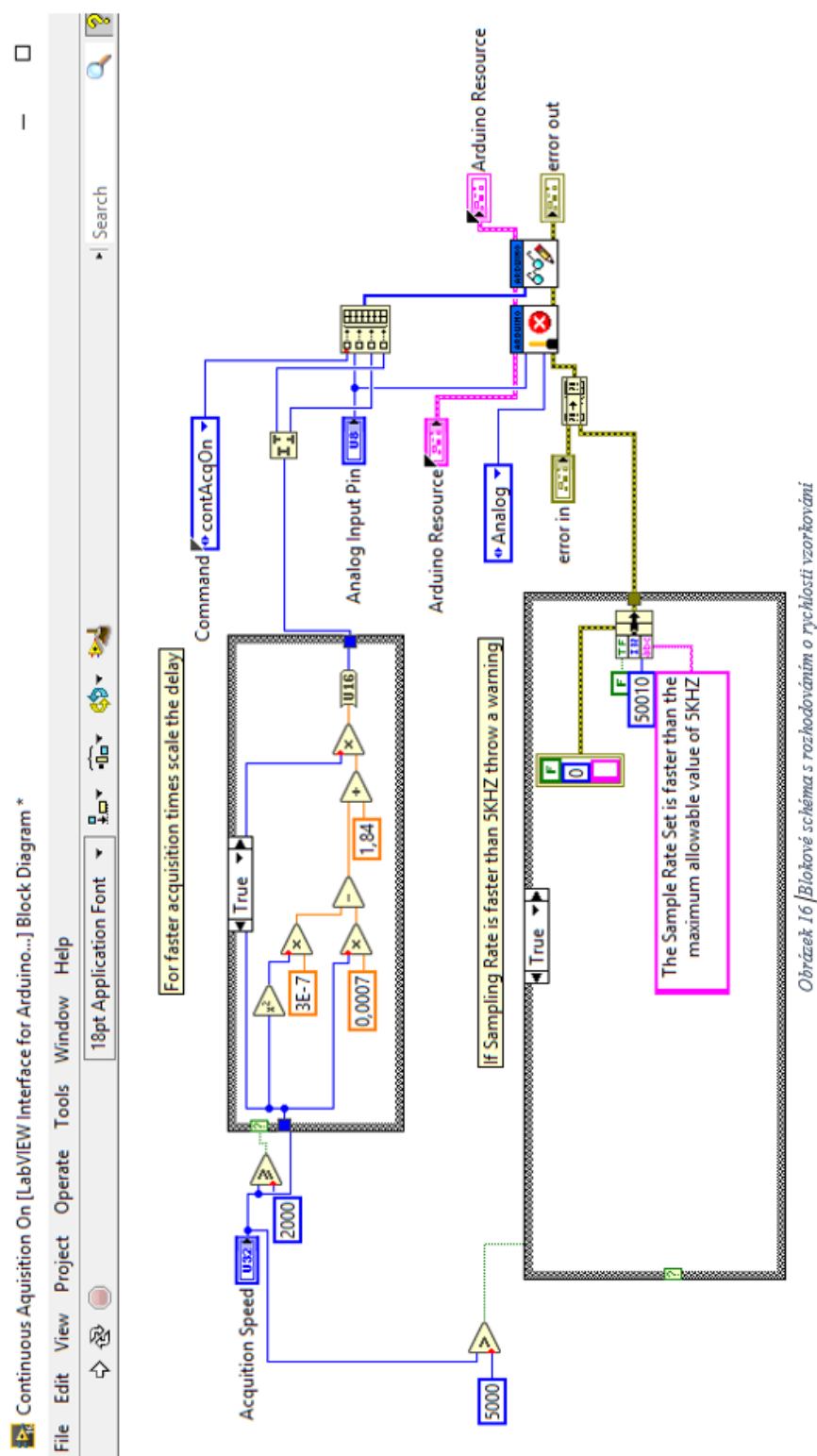


Obrázek 15 Blokové schéma a nastavení asistenta

4.4 LIFA – vzorkovací rychlost 5000 Hz

Modul LIFA jako jediný z modulů připravených pro připojení desek Arduino a LabVIEW umožňuje volbu vzorkovací frekvence. Při testování propojení jsem testoval i maximální možnou frekvenci vzorkování. Postupným zvyšováním frekvence jsem došel k frekvenci 5195 Hz, která ještě zobrazovala analogovou hodnotu korektně. Nad touto frekvencí se zobrazovaná hodnota stala nesrozumitelnou. Pokusil jsem najít důvod tohoto omezení. Při otevření blokových schémat jsem v jedno z propojených bloků našel část, ve které je v logice programu zabudováno rozhodování o rychlosti vzorkování 5000 Hz, jak je vidět na obrázku 16. Složitost schématu přesahuje mé znalosti, proto mohu jen

konstatovat, že změna chování při rychlosti vzorkování je zabudována přímo v modulu, respektive v jeho blocích.



Omezení v LIFA je tedy pevně zabudováno do bloků LabView pomocí konstanty a porovnávacího algoritmu, který vyhodnotí vyšší vzorkovací rychlost jako nevhodnou a uzpůsobí průběh bloku. Jde tedy o rozhodnutí tvůrce modulu LIFA o omezení. Důvody pro volbu rychlosti právě na 5000 Hz tedy může vysvětlit jedině autor. Autorem modulu LIFA je Sam Kristoff a v době vzniku LIFA pracoval ve vývojovém týmu National Instruments. Je autorem i firmwaru pro Arduino Software (IDE), který umožňuje propojení Arduina s LabView.

Vzhledem k tomu, že vznik LIFA je datován do roku 2010 a jeho vývoj je ukončen, bylo pravděpodobné, že existuje záznam na některém fóru, kde by se tato problematika diskutovala. Našel jsem záznam na fóru National Instruments, kde se Sam Kristoff vyjadřuje k možnostem zvýšení vzorkovací rychlosti na 10 KHz v LIFA. Z příspěvku lze vyčíst jeho důvody omezení vzorkovací rychlosti na 5000 Hz. Příspěvek lze najít v odkazu uvedeném v literatuře (KRISTOFF).

Z příspěvku vyplývá, že hlavním důvodem pro omezení vzorkovací rychlosti vyplývají z omezené velikosti paměti RAM a z omezení rychlosti přenosu přes sériový port na 115200 baud. Nicméně je naznačena možnost, že by zvýšení bylo možné při napsání nového modulu. Omezení paměti RAM je vysvětleno tak, že, na příklad, budeme chtít vzorkovat frekvencí 10 KHz při 10 bits což je 100 Kbits a to je 12,5 KBytes. Paměť Arduino Uno a jemu podobných je 2 KBytes, což znamená, že je celá velikost paměti zaplněna za 0,16 sekundy a to je příliš rychle pro obsluhu paměti. Omezení rychlostí 115200 baudů je ilustrováno propočtem přenosu, kdy 115200 baud/s představuje 115200 bits/s možného datového přenosu a přenos při vzorkování rychlostí 10 KHz při 10 bitech je 100000 bitů, které jsou na hranici přenosové rychlosti a nezbývala by kapacita pro další nutná data pro obsluhu Arduina.

Při ověření těchto tvrzení jsem v produktové listu čipu ATmega328P umožňuje převod rychlostí 15000 vzorků za sekundu a mám za to, že je i toto množství možné zpracovat v paměti čipu. Zpracování v paměti SRAM je ale komplikované téma, které jsem nezkoumal hlouběji a proto se k tomu, jestli je problematické v čase 0,16 sekundy obsluhovat SRAM nebudu vyjadřovat.

Omezení přenosové rychlosti na 115200 baud pro sériový port vychází z doporučení jak ze strany výrobce Arduino, tak ze strany výrobce LabView. Oba výrobci ale shodně umožňují definovat vlastní přenosovou rychlost.

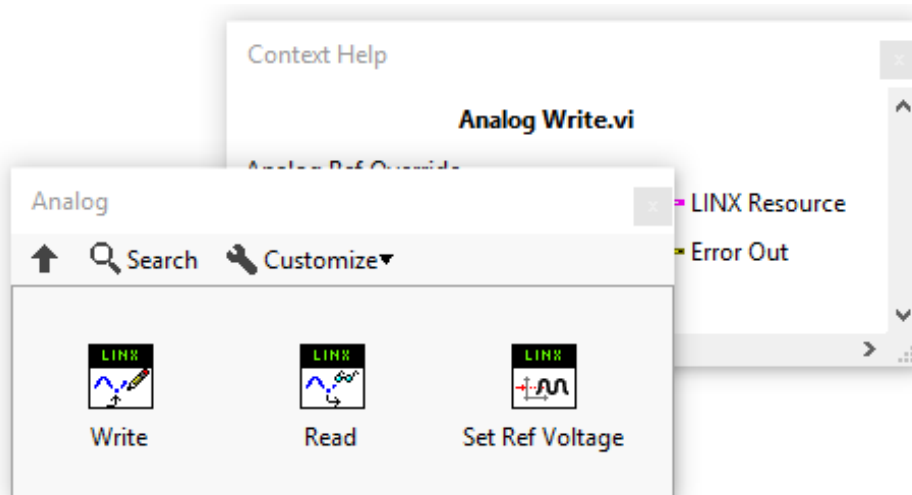
Omezení rychlosti vzorkování autorem kódu na 5000 Hz tedy chápu jako opatření, které má zabránit chybám při vzorkování. Není ale jasné, z jakých výpočtů autor vycházel.

5 Sběr dat v modulech LIFA, LINX a ACCL

Možnosti sběru dat v modulech pro desky Arduino jsou poměrně široké a každý z modulů má svá specifika. Například modul LIFA má propracované bloky pro sběr dat, LINX má širokou nabídku bloků pro sběr dat ze senzorů a ACCL umožňuje sběr dat ze všech desek Arduino. V této kapitole jsem se zaměřil na kvalitu sběru dat.

5.1 LINX

Modul LINX má předpřipravené bloky hlavně pro snímání okamžitých hodnot senzorů a modulů pro desky Arduino, například pro akcelerometry, teploměry, fotorezistory, IR diody, segmentové displeje od mnoha výrobců. Co se týče sběru dat a převodu do LabView, je využívána sériová komunikace založená na blocích VISA. Jsou připraveny bloky pro čtení a zápis dat na sériový port bez možnosti nastavení parametru rychlosti vzorkování.



Obrázek 16 Bloky pro analogové čtení LINX

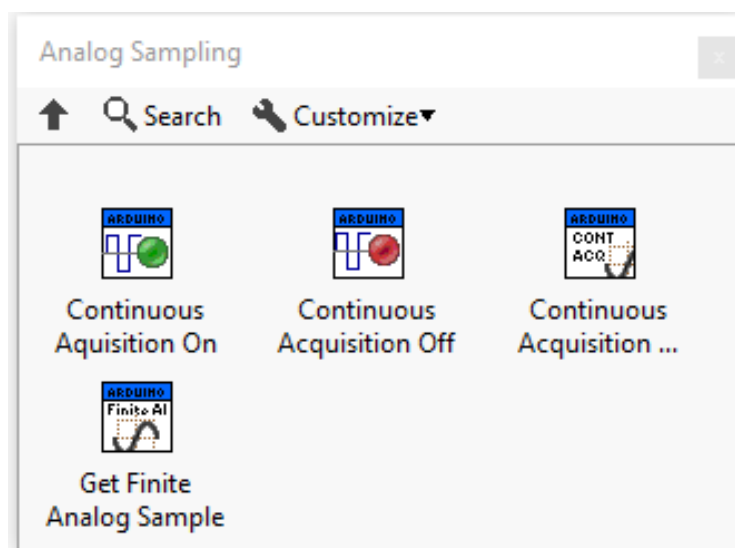
5.2 LIFA

Modul LIFA má také připravené bloky pro čtení senzorů, ale jeho hlavní výhodou jsou nejpropracovanější bloky pro sběr dat, které jsou založeny na blocích VISA. K dispozici jsou tyto bloky:

- Analog read pin – čtení samostatného portu
- Analog read port – čtení několika pinů současně
- Continuous acquisition sample – zachytává signál z analogového pinu do samplů definované délky a průběžně je zobrazuje.

- Get finite analog sampling – zachytává signál z analogového pinu, upraví je na samplované vzorky, tj. přiřadí vzorky na časovou osu a po zachycení definovaného počtu vzorků se vzorky zobrazí.

Takto široké možnosti pro pořizování dat nenabízí žádný z modulů pro desky Arduino. Tyto bloky nabízí široké uplatnění i pro uživatele, kteří nejsou schopni si naprogramovat tuto funkcionalitu sami z dat, které jsou k dispozici na sériovém portu.



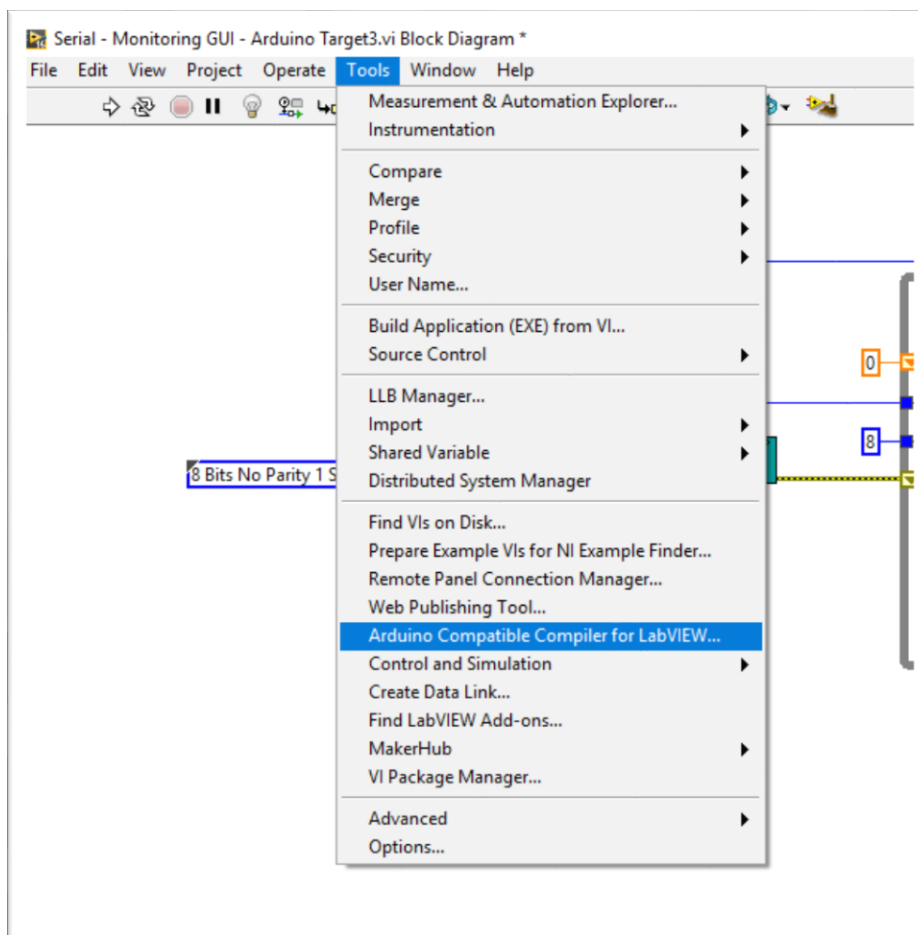
Obrázek 17 Bloky pro analogové čtení LIFA

5.3 Arduino Compatible Compiler for LabView (ACCL)

Jedná se o modul pro práci s deskami Arduino od firem TSXperts a Aledyne. Tento modul na rozdíl od ostatních je určen pro všechny desky Arduino, které jsou podporovány v prostředí Arduino IDE (TSXPERTS/ALEDYNE). Modul je vydán ve dvou verzích, a to Standard a Home/Student, mezi kterými není rozdíl ve funkčnosti. Modul je placený a rozdíl je pouze v ceně verzí. Jedná se o nejpropracovanější modul z všech tří modulů, nabízí velkou škálu možností ovládání. Princip je takový, že logika programu se sestavuje v LabView za pomoci bloků určených pro ACCL a tento kód je potom nahrán na desku Arduino přes kompilaci v modulu Compiler. Je tedy nutné použít bloky určené pro Arduino, uložené v sekci Addons a pouze bloky, které jsou nutné pro sestavení programu a nejsou v příslušné sekci, je možné používat bloky z LabView. Použití bloku, které nejsou určeny pro Arduino je nutné zvážit vzhledem k hardwarovým omezením desek

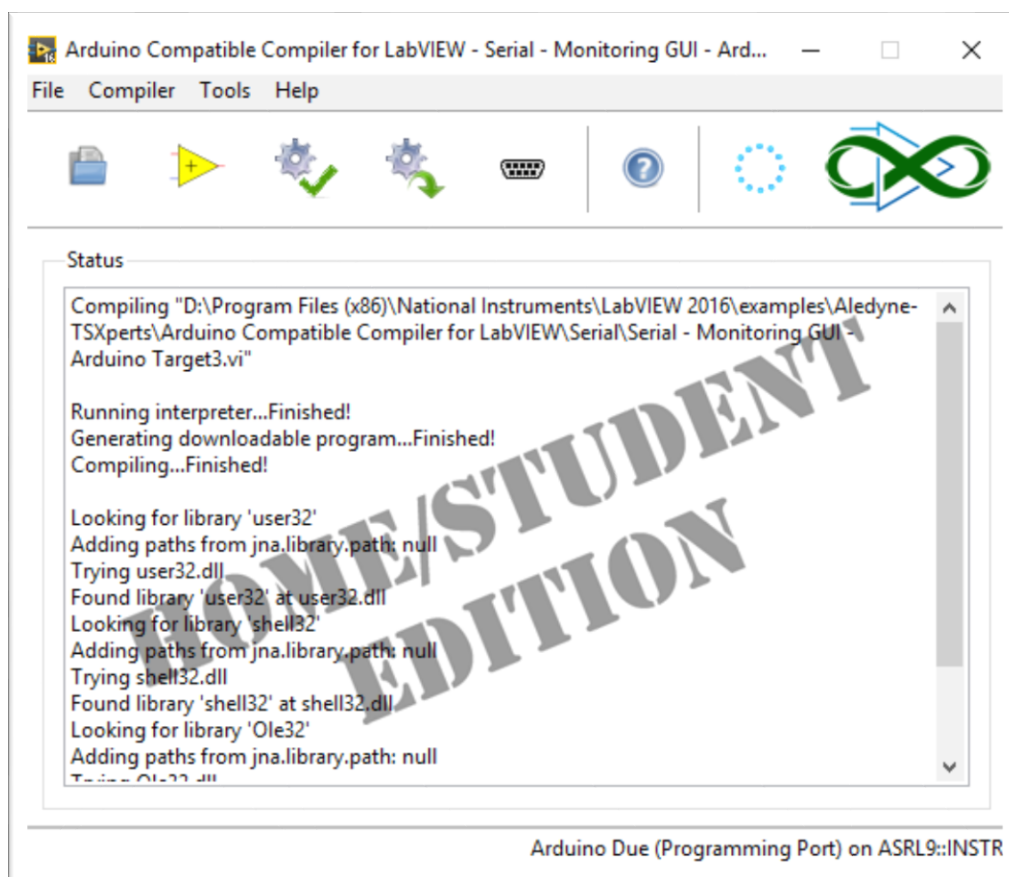
Arduino. Hlavním omezujícím faktorem je paměť RAM. V uživatelském manuálu jsou popsány techniky a postupy pro správné užití obecných bloků s ohledem na tyto omezení.

Jestliže máme sestavený program, který chceme nahrát na desku Arduino, vyvoláme Compiler z nabídky Tools-Arduino compatible compiler tak jak je ukázáno na obrázku 19.



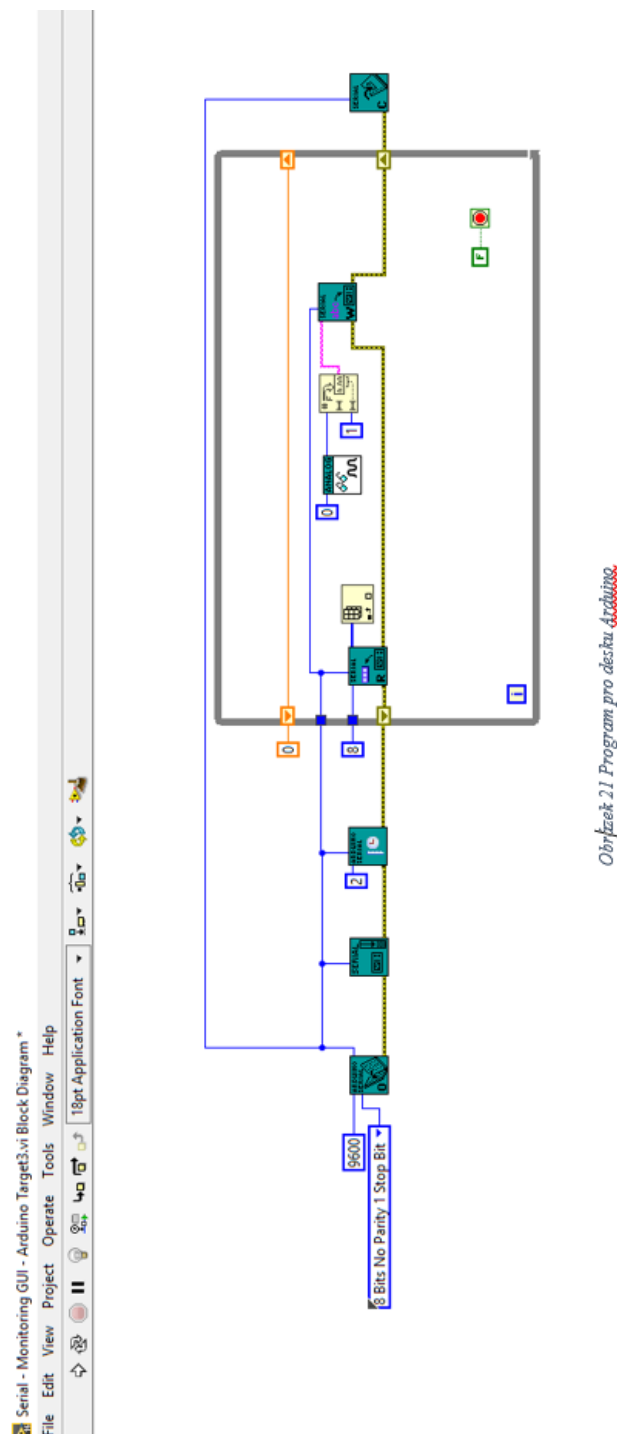
Obrázek 18 Umístění ACCL

Otevře se okno Compileru a přes ikonu Open nahrajeme požadovaný program. V nabídce Tools-Board vybereme konkrétní desku a v nabídce Tools-Port vybereme port COM, na který je deska připojena. Ikonou Compile and download spustíme kompilaci a nahrání programu na desku. Pokud proběhne kompilace a nahrání úspěšně, je deska Arduino schopná vykonávat nahraný program. Na obrázku 20 je ukázáno úspěšné zkompilování programu a jeho nahrání na desku Arduino.



Obrázek 19 Okno Arduino Compatible Compiler

Jestliže vyžadujeme interakci mezi deskou Arduino a programem LabView, tak připravená je možnost komunikace přes sériový port. Vytvoříme program pro desku Arduino, který bude schopen komunikace přes COM port, nahrajeme jej na desku Arduino a vytvoříme další program, který bude číst a zapisovat na COM port v prostředí LabView. To znamená, že ACCL nahrazuje psaní kódu v prostředí Arduino Software (IDE) sestavením programu v LabView a nahráním na desku Arduino. To může ulehčit práci zejména uživatelům LabView, kteří se nechtějí zabývat programováním v Arduino Software (IDE). Nicméně je možné naprogramovat program v Arduino Software (IDE), nahrát jej na desku a poté s ním komunikovat z LabView. Na obrázku 21 je zobrazeno blokové schéma programu určeného pro nahrání na desku Arduino, který má za úkol čtení analogového pinu a předání hodnot na sériový port.

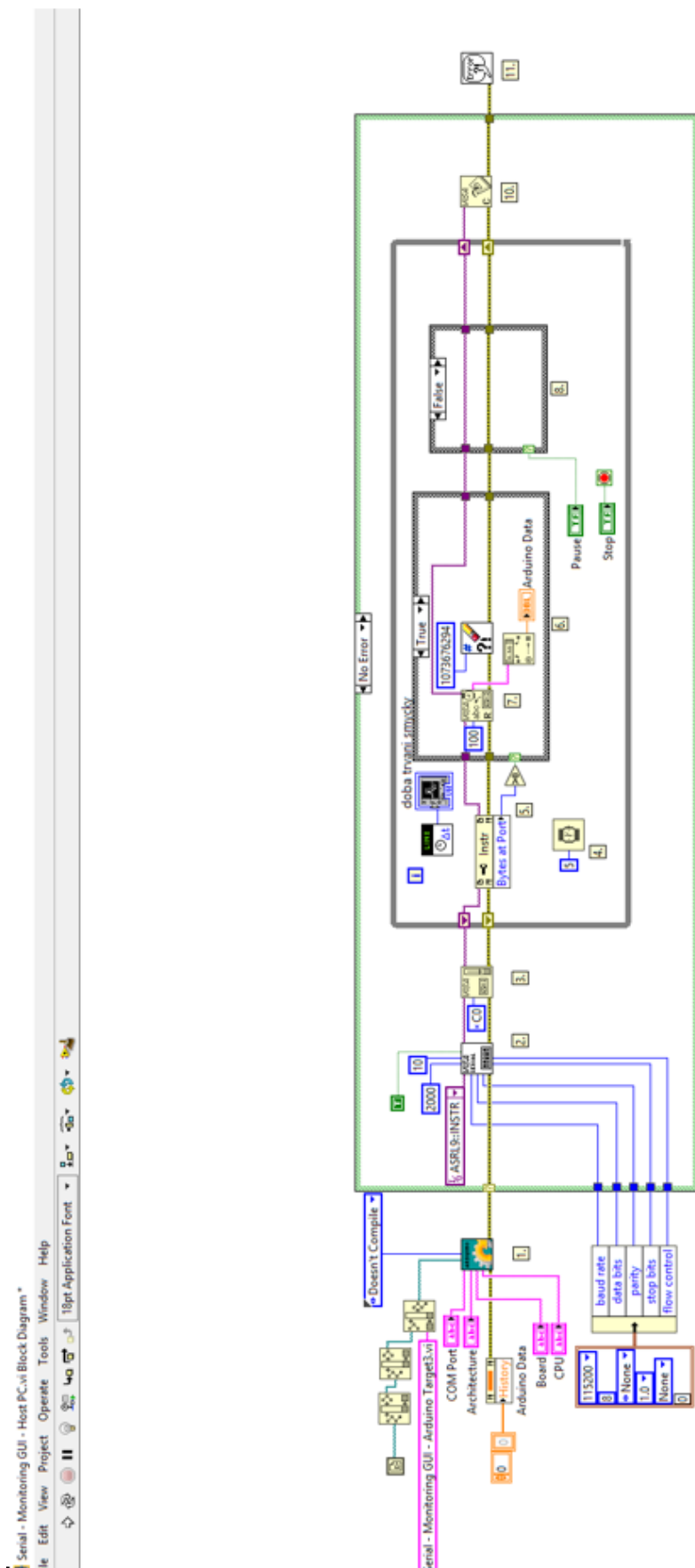


Na obrázku 22 je blokové schéma programu určeného pro čtení sériového portu, toto schéma je přizpůsobeno tak, aby program četl hodnoty sériového portu bez procedury kompilace kódu. Tyto programy jsou převzaty ze složky příkladů, která je k dispozici po nainstalování modulu.

Všechny zkoumané moduly jsou tedy založeny na komunikaci přes sériový port a je použito bloků VISA. Ve všech modulech LIFA, LINX a ACCL jde o předpřipravené

bloky, které by musely být naprogramovány, pokud bychom chtěli s deskou Arduino komunikovat. Tyto bloky je možné nahradit vlastními bloky, pokud bychom z nějakého důvodu nebyli spokojeni z předpřipravenými.

Ve všech modulech jsem sestavil testovací program, který dokáže číst hodnoty posílané deskou Arduino přes seriový port a zobrazit hodnoty, které získal. Původním záměrem bakalářského projektu bylo ověřit funkčnost modulů co se týče sběru dat, a to na různých dostupných deskách Arduino. U modulů LIFA a LINX jsem byl omezený na tři desky a ACCL jsem předpokládal větší výběr. Ukázalo se ale, že omezení ostatních modulů, co se týče podporovaných desek, je překonáno tím, že je komunikace vedena přes sériový port přímo a tím je umožněno v ACCL číst sériový port, na který je připojena jakákoliv deska, která předává do sériového portu hodnoty a je podporovaná v Arduino Software (IDE). Výhoda tohoto modulu tedy spočívá hlavně ve vytváření programů v LabView a jejich kompilace a nahrání na desku Arduino, nepředstavuje to tedy významný přínos pro sběr dat v LabView. Nejsou připraveny žádné bloky, které by významně ulehčili sběr dat, případně připravili data pro další zpracování nebo vyhodnocení. ACCL nenabízí mnoho bloků ani pro vyhodnocení dat ze senzorů, tak jako ostatní moduly.



Obrázek 22 Program pro čtení portu COM

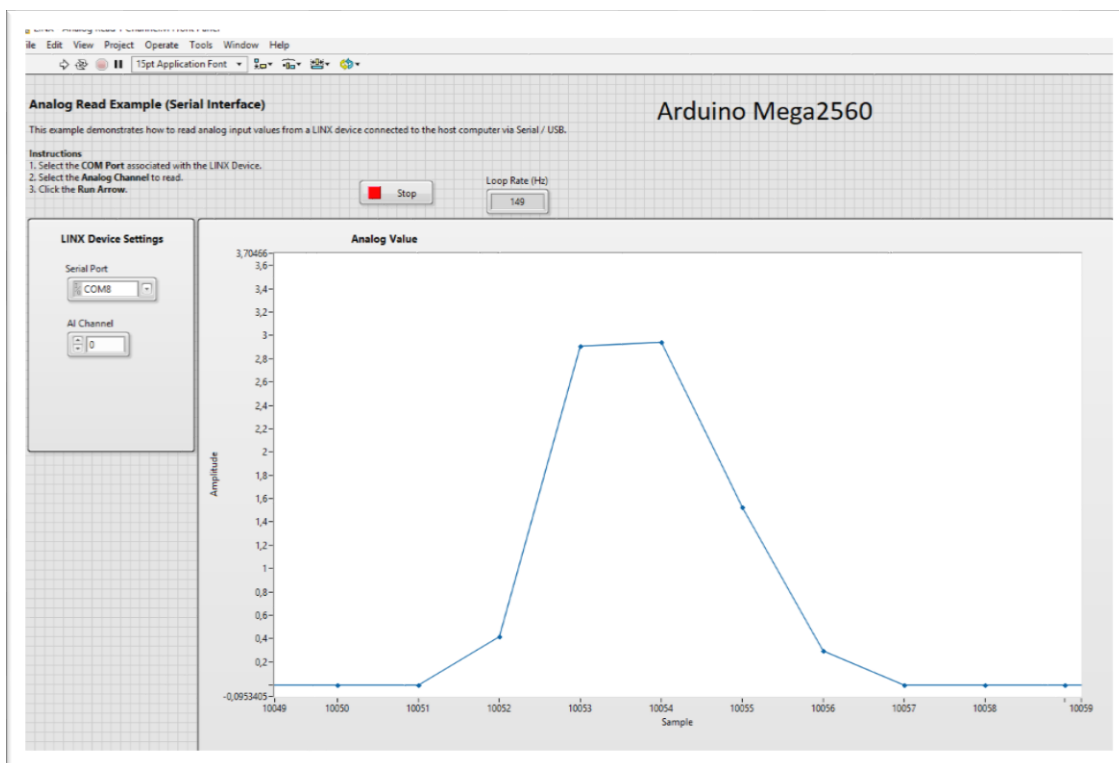
5.4 Testování kvality sběru dat

V dalším kroku jsem se zaměřil na kvalitu sběru dat v modulech LINX, LIFA a ACCL. V každém modulu jsem použil jednoduchý program pro čtení dat z jednoho analogového pinu vždy A0. Jako testovací signál jsem vysílal sinusový signál z funkčního generátoru o frekvenci 18 Hz, amplitudě 6 V, jehož záporná část byla převedena na signál v hodnotě 0 V. Každý program byl spuštěn a po odebrání minimálně 10000 vzorků, nebo uplynutí 10 sekund, byl ukončen. Graf odebraných vzorků jsem následně upravil tak, aby v grafu zbyla pouze jedna půlvlna z poslední třetiny celkového grafu, kterou jsem exportoval do programu Excel a zde jsem spočítal, kolik bylo odebráno vzorků. K dispozici jsem měl čtyři desky Arduino a to Uno, Nano, Mega2560 a Due.

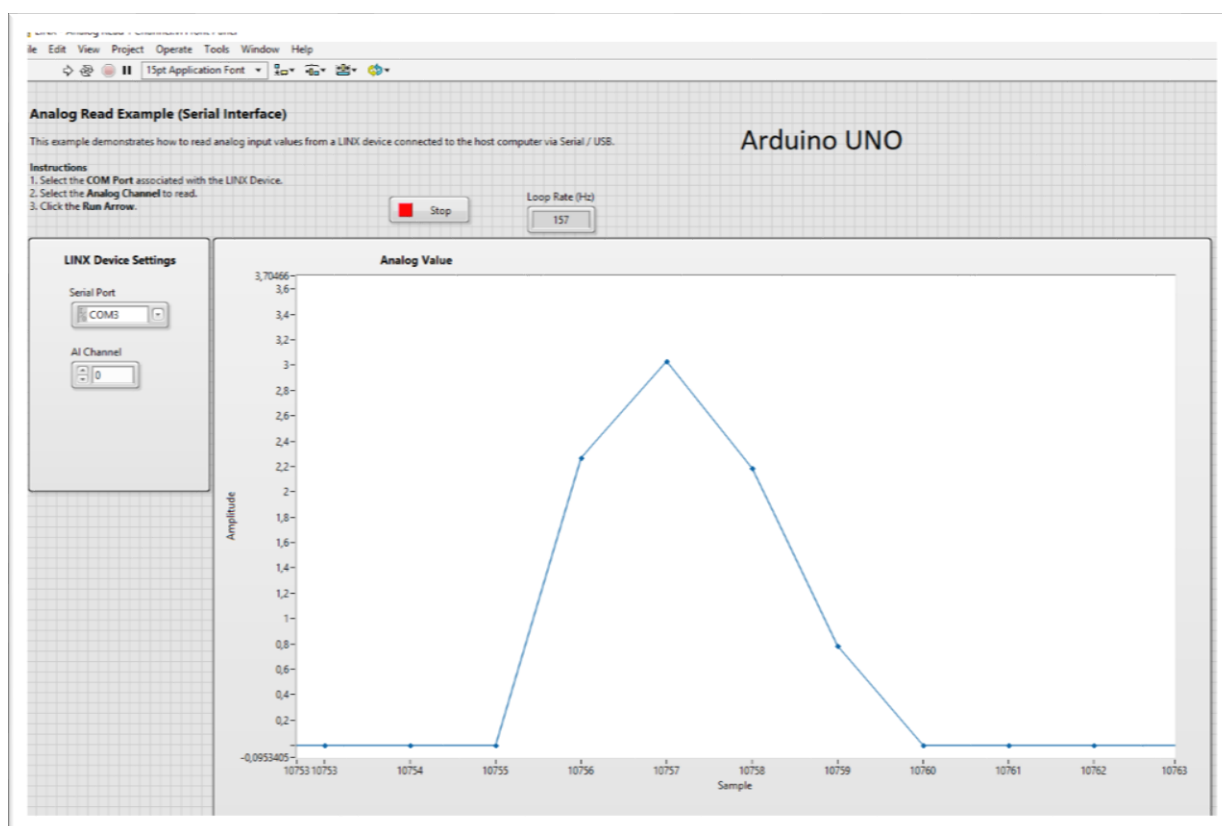
LINX

Pro testování byl vybrán program, který je umístěn ve složce Examples s názvem *AnalogReadPin.vi*. Ovladač pro modul LINX se mi podařilo nahrát jen na desky Uno a Mega. Modul LINX neumožňuje zvolit si rychlost vzorkování, proto byla získaná data z defaultního nastavení. Modul LINX navzorkoval sinusovou půlvlnu takto:

- Arduino Uno: 5 vzorků
- Arduino Mega: 5 vzorků



Obrázek 20 Sinusová půlvlna Arduino Mega v LINX



Obrázek 21 Sinusová půlvlna Arduino Uno v LINX

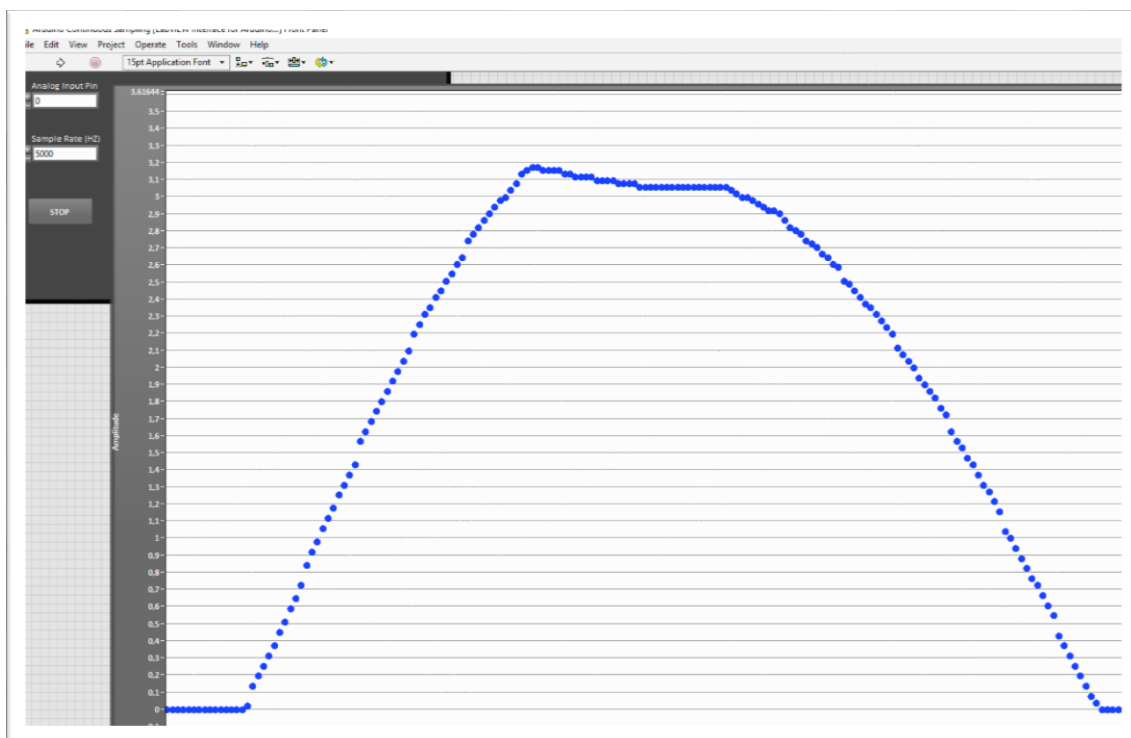
Z počtu vzorků, kterých bylo na půlvině pět a z parametrů testovacího signálu lze odvodit, že vzorkovací rychlost byla 180 Hz.

LIFA

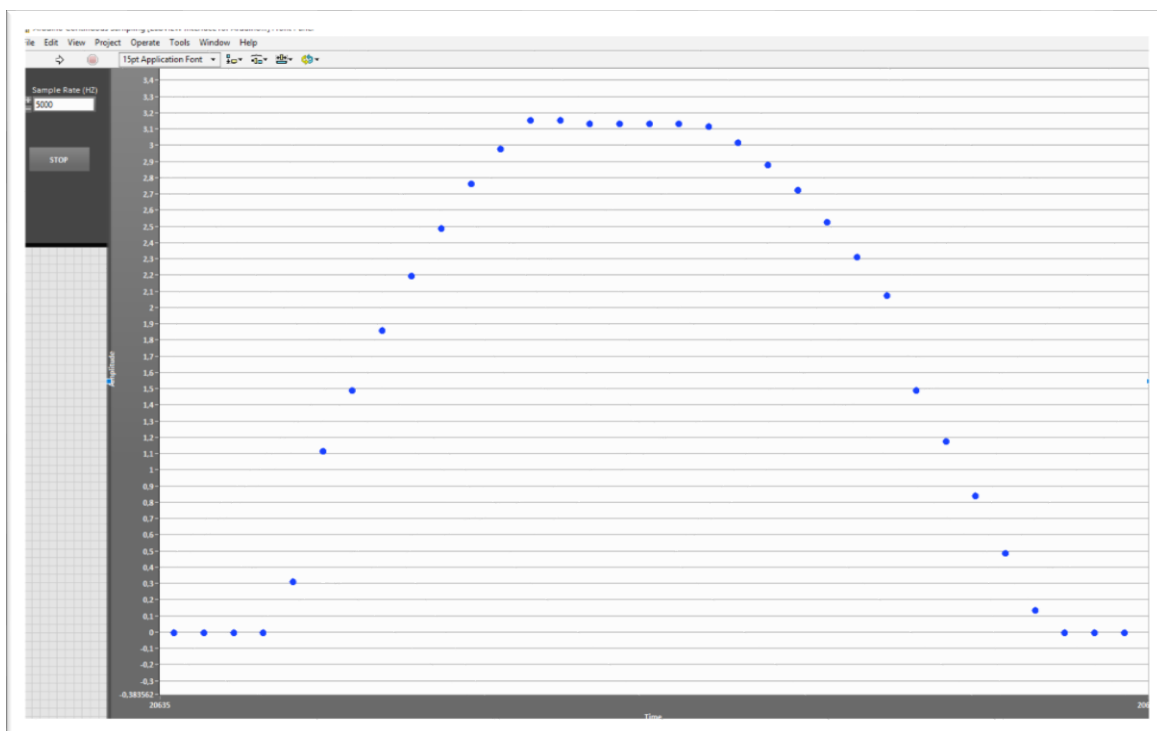
Pro testování byl vybrán program, který je umístěn ve složce Examples s názvem *Arduino Continuous Sampling.vi*. Modul LIFA umožňuje volbu vzorkovací rychlosti, tu jsem zvolil na 5000 Hz. Modul LIFA navzorkoval sinusovou půlvinu takto:

- Arduino Uno: 150 vzorků
- Arduino Mega: 26 vzorků

Vysvětlení rozdílu může být buď v chybě programu, kdy program neprovádí vzorkování korektně, nebo je deska Arduino Mega vadná, což jsem považoval za nepravděpodobné.



Obrázek 22 Sinusová půlvinu Arduino Uno v LIFA



Obrázek 23 Sinusová půlvlna Arduino Mega v LIFA

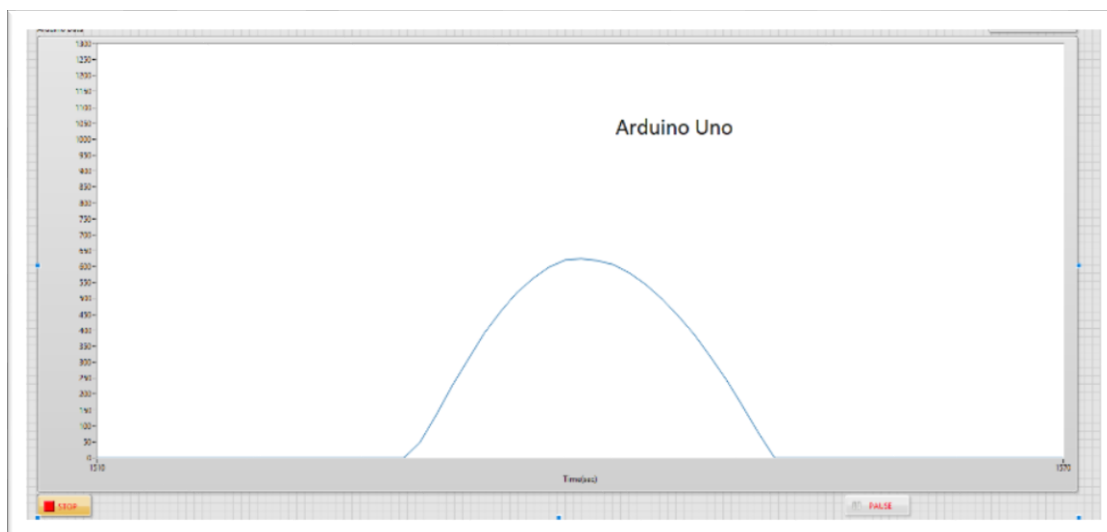
Výsledek pro Arduino Uno je přibližně na zadané hodnotě a odpovídá vzorkovací frekvenci 5400 HZ. Výsledek pro Arduino Mega je hluboce pod očekávanou frekvencí a odpovídá 936 Hz. Měření bylo několikrát opakováno i se změnou analogového pinu.

ACCL

Pro testování byl vybrán program, který je umístěn ve složce Examples s názvem *Seriál-MonitoringGUI-HostPC.vi*. Program pro sběr dat je koncipován odlišně než u předchozích modulů. Je založen na čtení dat z portu COM a data zobrazuje v grafu. Sestavil jsem jednoduchý program pro čtení analogového pinu v prostředí Arduino Software (IDE) pomocí příkazu *analog.Read* a tyto data jsem posílal příkazem *Seriál.println* na port COM. Tento způsob ovšem není ideální a v literatuře lze najít efektivnější způsoby předávání zpracovaných hodnot na portu COM. Modul ACCL navzorkoval sinusovou půlvlnu takto:

- Arduino Uno: 23 vzorků
- Arduino Mega: 22 vzorků
- Arduino Nano: 68 vzorků
- Arduino Due: 67 vzorků

Na obrázku 27 je zobrazena sinusová půlvlna z testování desky Arduino Uno. Grafy z ostatního testování jsou velmi podobné, proto jsem je sem neumístil.



Obrázek 24 Sinusová půlvlna Arduino Uno v ACCL

Na základě počtu vzorků zachycující půlvlnu a parametrů signálu jsem vypočítal reálnou vzorkovací rychlost, která odpovídá pro Arduino Uno 828 Hz, Mega 792 Hz, Nano 2448 Hz a Due 2412 Hz. Jak jsem psal výše, je toto měření zatíženo nedokonalostí programu, který jsem sepsal v Arduino Software (IDE). Zajímavostí je, že Arduino Uno a Arduino Nano měli stejný čip ATmega328P a přesto vykázaly značně odlišné výsledky.

5.5 Měření bloku *GetFiniteAnalogSampling* modulu LIFA

Při měřeních všech dostupných bloků pro sběr dat jsem zjistil problematické chování bloku *Getfiniteanalogsampling* z modulu LIFA. Konkrétně se jedná o chybu programu, která způsobuje zkreslení získaných dat, které se ukáže například při měření frekvence sinusového signálu. Tento blok jsem použil pro svoji sestavu na řízení otáček a byl pro mne velmi důležitý. Po konzultaci s vedoucím práce jsem přistoupil k měření této nepřesnosti s cílem odhalit povahu chyby s předpokladem, že by se mohlo jednat o lineární závislost chyby frekvence na počtu odebraných vzorků.

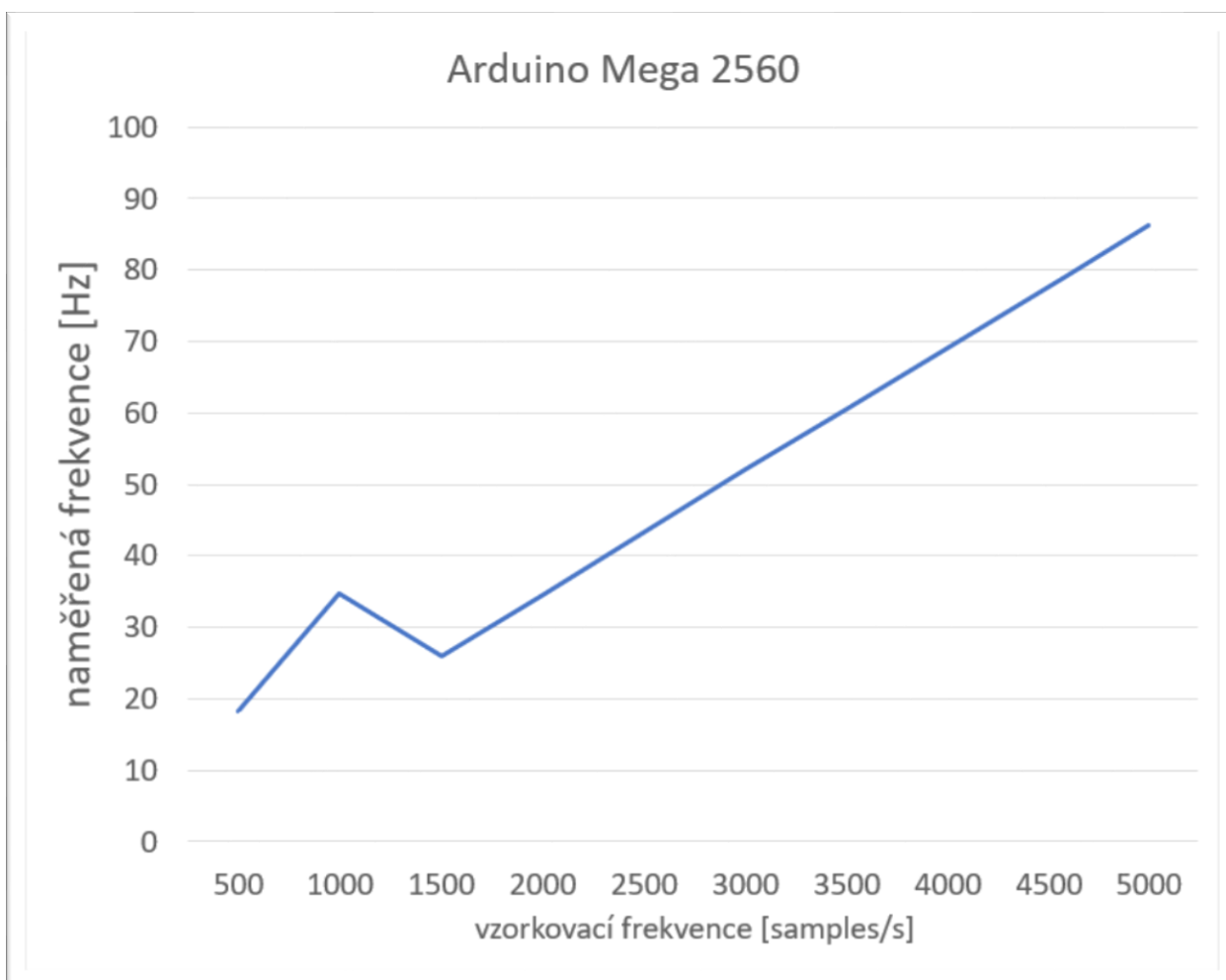
Určení postupu měření

Pro určení chyby jsem zvolil následující postup:

- Funkčním generátorem budu generovat sinusový signál, který bude omezen na kladnou půlvlnu, záporná půlvlna bude generována jako napětí 0 V. Výsledný signál je podobný výstupu optočlenu v sestavě ventilátoru. Parametry sinusového signálu jsou 17,26 Hz, amplituda je 3 V podle referenční měřicí karty NI 6009.
- Signál o stálé frekvenci 17,26 Hz bude snímán deskami Arduino Uno a Arduino Mega vždy jedním portem a to A0.
- Signálu budu zachytávat na 5000 vzorcích a pro získání frekvence spočítám počet půlvln v úseku jedné desetiny sekundy ručně a na celém rozsahu pak nástrojem Tone measurement v LabView.
- Parametry vzorkovací frekvence budu zvyšovat vždy o 500 Hz. Počáteční frekvence bude 500 Hz a konečná frekvence bude 5000 Hz.
- Výsledky budou porovnány s referenčním měření kartou NI 6009.

Výsledky měření

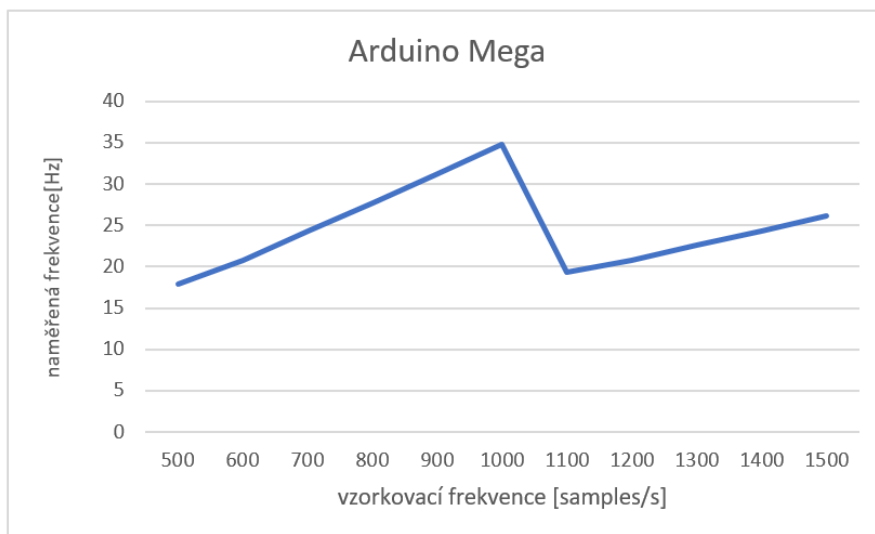
Při odebírání vzorků jsem porovnával frekvenci naměřených vzorků z ručního počítání a z nástroje Tone Measurement, která se shodovala. Měření potvrdila vzrůstající závislost chyby, při vzorkovací frekvenci 1000 Hz se chyba prudce zvýšila, poté zase klesla, jak ukazuje obrázek 28. V přehledu na obrázku 29 jsou výsledky měření pro zadané hodnoty vzorkovací frekvence a naměřené frekvence sinusového signálu, který by měl odpovídat referenčnímu měření na kartě NI 6009, které je uvedeno v přehledu.



Obrázek 25 Graf naměřených hodnot pro Arduino Mega

Provedl jsem další měření, které zachycuje chování naměřené hodnoty kolem vzorkovací frekvence 1000 Hz a měření potvrdilo chybové hodnoty kolem frekvence 1000 Hz.

| Arduino MEGA | |
|----------------------------------|----------------|
| frekvence vzorkování [samples/s] | frekvence [Hz] |
| 500 | 17,88 |
| 600 | 20,81 |
| 700 | 24,28 |
| 800 | 27,76 |
| 900 | 31,24 |
| 1000 | 34,75 |
| 1100 | 19,28 |
| 1200 | 20,83 |
| 1300 | 22,63 |
| 1400 | 24,35 |
| 1500 | 26,13 |



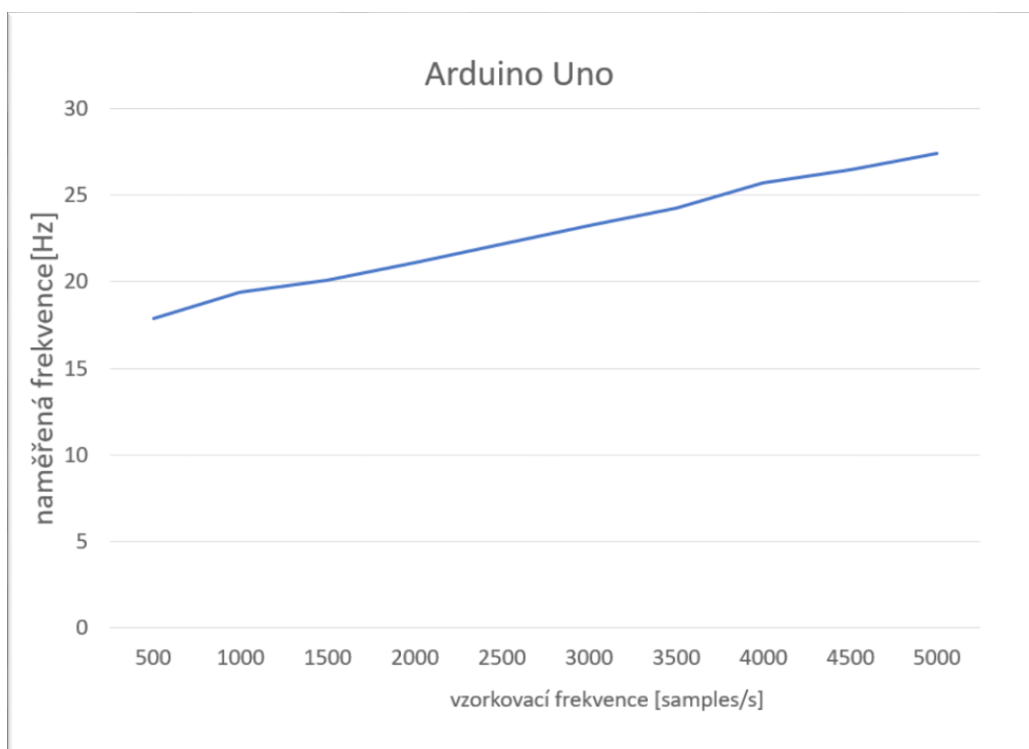
Obrázek 26 Průběh naměřených hodnot kolem vzorkovací frekvence 1000 Hz

Je pozoruhodné i rozdílné chování pro obě testované desky. Chyba u Arduino UNO stoupá mnohem méně se zvyšující se frekvencí než u Arduino Mega. Pro Arduino Mega jsou hodnoty odchýlení velmi velké se stoupající vzorkovací frekvencí.

| 5000 vzorku | | | | |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Uno | Mega | | NI 6009 |
| pin | A0 | A0 | A1 | A7 |
| frekvence vzorkování [samples/s] | frekvence [Hz] | frekvence [Hz] | frekvence [Hz] | frekvence [Hz] |
| 500 | 17,88 | 18,31 | 17,95 | 17,26 |
| 1000 | 19,4 | 34,7 | 34,85 | 17,26 |
| 1500 | 20,06 | 26 | 26,14 | 17,26 |
| 2000 | 21,1 | 34,6 | 34,84 | 17,26 |
| 2500 | 22,2 | 43,2 | 43,6 | 17,26 |
| 3000 | 23,24 | 52 | 52,3 | 17,26 |
| 3500 | 24,28 | 60,66 | 61,03 | 17,26 |
| 4000 | 25,7 | 69,12 | 69,8 | 17,26 |
| 4500 | 26,45 | 77,8 | 78,5 | 17,26 |
| 5000 | 27,4 | 86,3 | 86,4 | 17,26 |

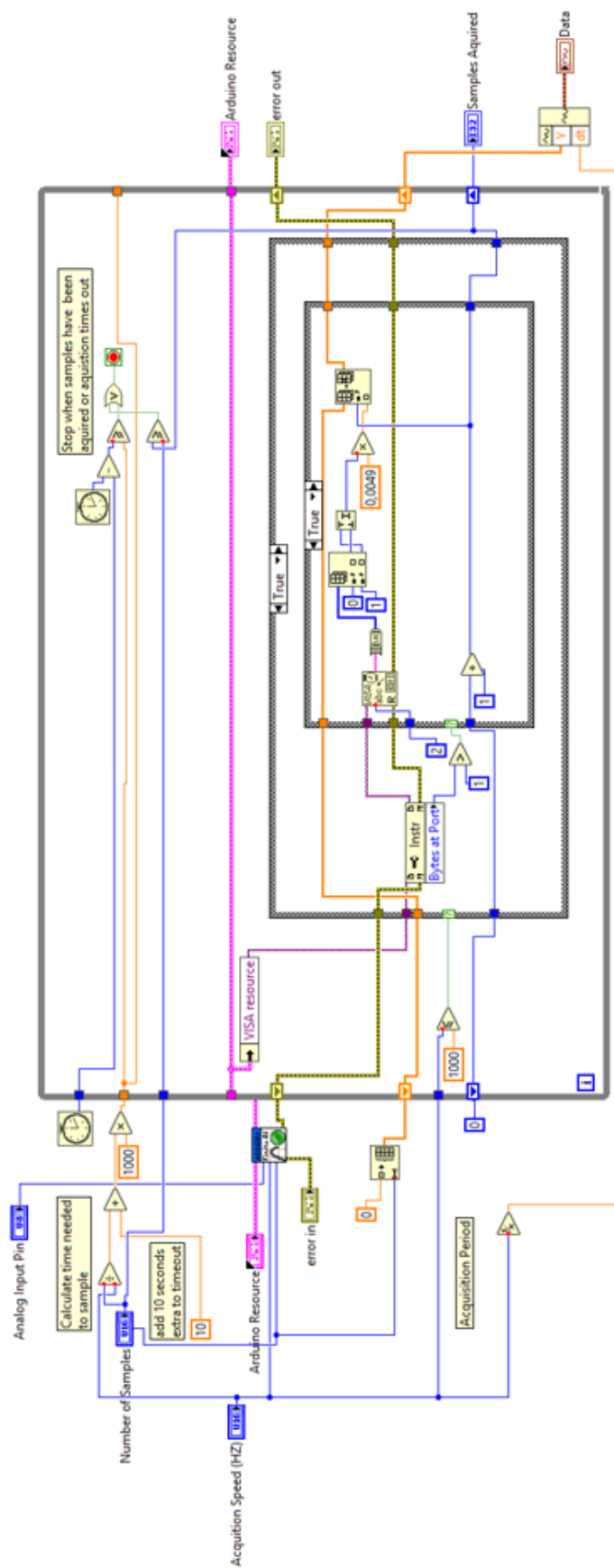
Obrázek 27 Přehled naměřených hodnot

V přehledu je pro porovnání přidán i sloupec s referenčním měřením kartou NI 6009, která vykazuje stabilní výsledky.

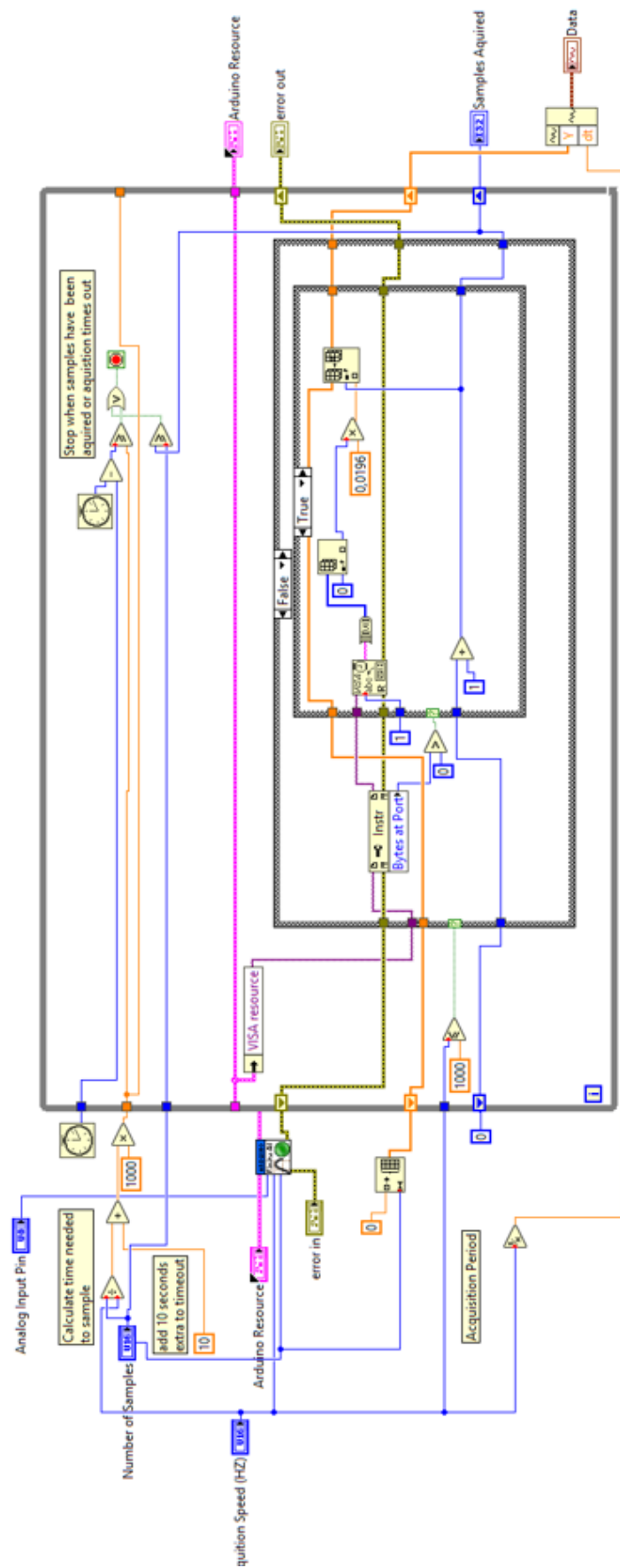


Obrázek 28 Graf naměřených hodnot pro Arduino Uno

Při zkoumání příčiny jsem nezjistil žádné rozdíly při výpočtech pro Arduino Uno a Mega přímo v bloku *Getfiniteanalogsampling*, kde se provádí kód pro sběr vzorků. Jediný pozorovatelný rozdíl je jen při vyhodnocování vzorkovací frekvence, kdy je vzorkování rozděleno pro frekvence do 1000 vzorků za sekundu včetně a nad 1000 vzorků za sekundu. Výpočet je realizován s jinými konstantami.



Obrázek 3.2 Algoritmus rozdělení vzorkovací frekvence (je menší než 1000)

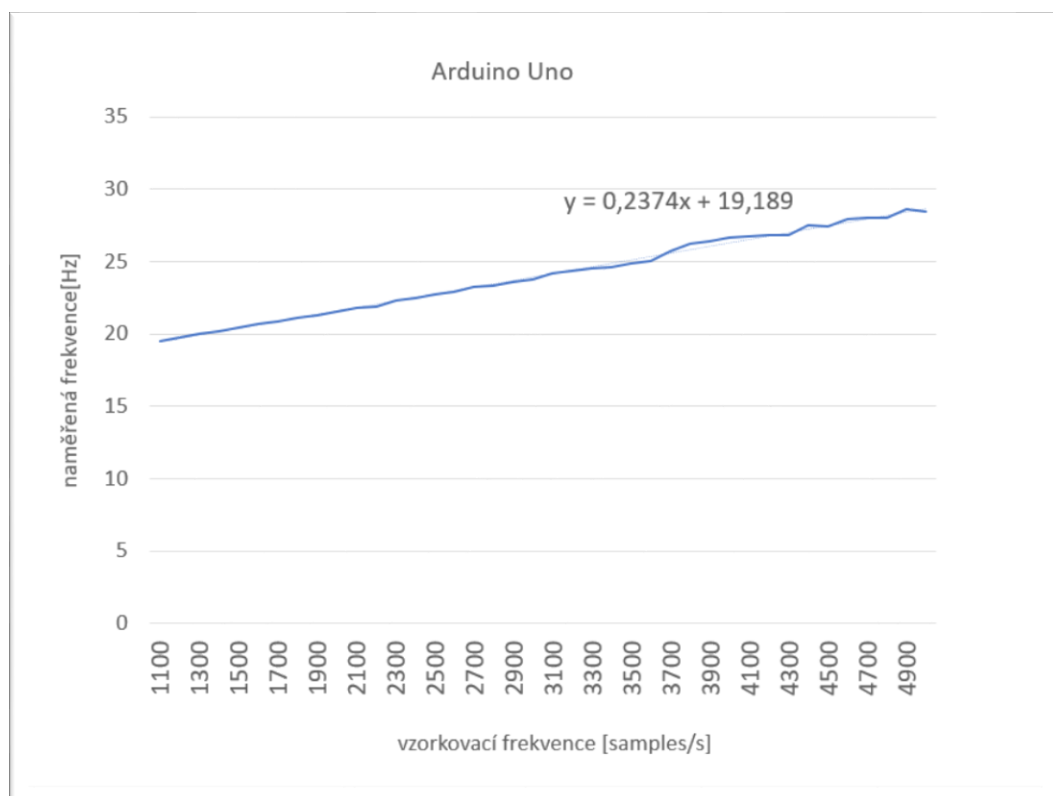


Obrázek 33 Algoritmus rozdělení vzorkovací frekvence (je větší než 1000)

Pro Arduino Uno jsem provedl podrobnější měření, tentokrát od vzorkovací frekvence 1100 vzorků za sekundu nahoru, které potvrdilo předchozí předpoklad, že chyba je lineární. Krok vynechat vzorkování do 1000 vzorku za sekundu bylo učiněno proto, aby se vyloučila možnost výpočtu jiným algoritmem, který by mohl ovlivnit výsledky měření.

| frekvence vzorkování [vzorků/s] | frekvence [Hz] | frekvence vzorkování [vzorků/s] | frekvence [Hz] |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|
| 1100 | 19,47 | 3100 | 24,15 |
| 1200 | 19,77 | 3200 | 24,34 |
| 1300 | 20,01 | 3300 | 24,52 |
| 1400 | 20,2 | 3400 | 24,64 |
| 1500 | 20,45 | 3500 | 24,86 |
| 1600 | 20,72 | 3600 | 25,03 |
| 1700 | 20,85 | 3700 | 25,69 |
| 1800 | 21,1 | 3800 | 26,23 |
| 1900 | 21,25 | 3900 | 26,38 |
| 2000 | 21,55 | 4000 | 26,64 |
| 2100 | 21,78 | 4100 | 26,72 |
| 2200 | 21,91 | 4200 | 26,81 |
| 2300 | 22,29 | 4300 | 26,85 |
| 2400 | 22,46 | 4400 | 27,48 |
| 2500 | 22,72 | 4500 | 27,46 |
| 2600 | 22,93 | 4600 | 27,93 |
| 2700 | 23,24 | 4700 | 28,01 |
| 2800 | 23,33 | 4800 | 28 |
| 2900 | 23,62 | 4900 | 28,58 |
| 3000 | 23,78 | 5000 | 28,44 |

Obrázek 29 Přehled naměřených frekvencí

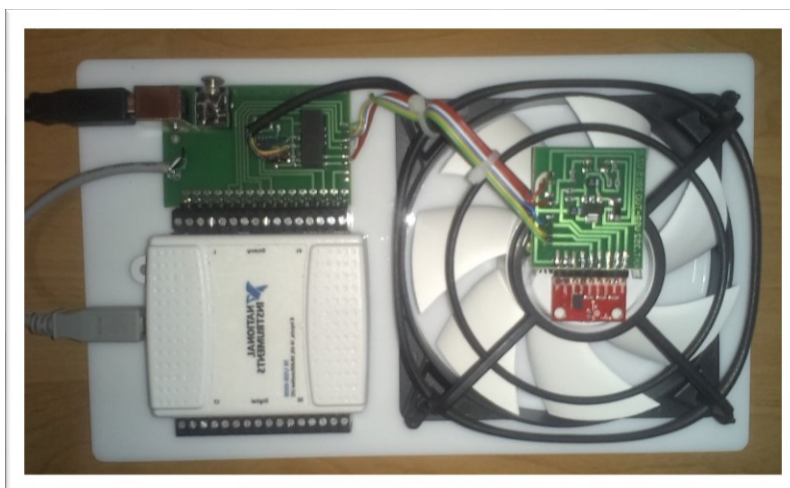


Obrázek 30 Graf naměřených frekvencí

Z výše uvedeného vyplývá, že pro přesné měření není tento blok v původní podobě použitelný. Nalezením příčiny odchylky a korekce programu by problém vyřešilo, dalším řešením je úprava výstupu o příslušnou konstantu, která by korigovala výsledek měření.

6 Sestava ventilátoru řízená deskou Arduino

Cílem této části bakalářské práce bylo ověřit schopnosti desek Arduino jako měřicích a řídících karet na reálném modelu. Pro porovnání výsledků jsem proto zvolil stejný koncept modelu pro řízení otáček, který je k dispozici v učebnách VŠB-TUO katedry 352. Školní model ventilátoru je ovládán z PC v software LabView, měřicí karta NI USB-6009 je připojena přes USB port k PC a jejím úkolem je sběr dat z modelu a jeho řízení. Sensor pro měření otáček ventilátoru je reflexní optočlen QRD1114, soustavu představuje PC ventilátor Arctic F12 DC 12V 1A. Napájení ventilátoru je přivedeno z NI USB-6009 a přes plošný spoj připojeno k ventilátoru.



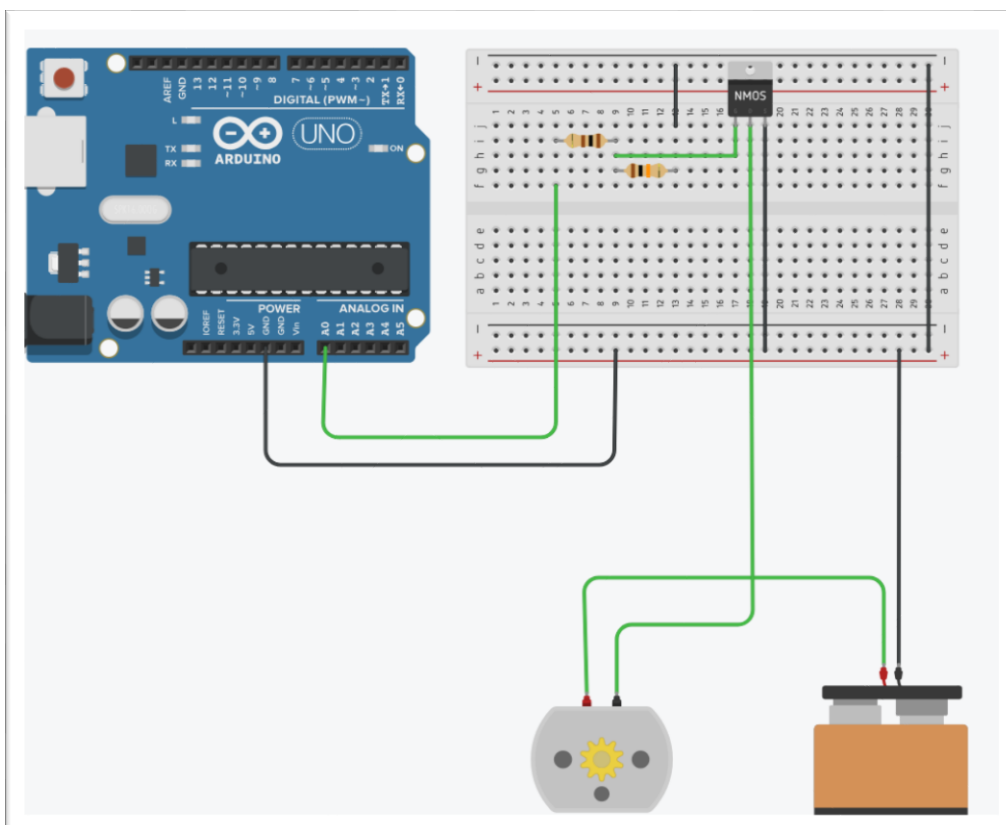
Obrázek 31 Školní sestava ventilátoru

Na tomto modelu si studenti mohou prakticky vyzkoušet práci se soustavou, její identifikaci, volbu a výpočet vhodného regulátoru a následně si ověřit v reálném čase funkčnost zvoleného regulátoru.



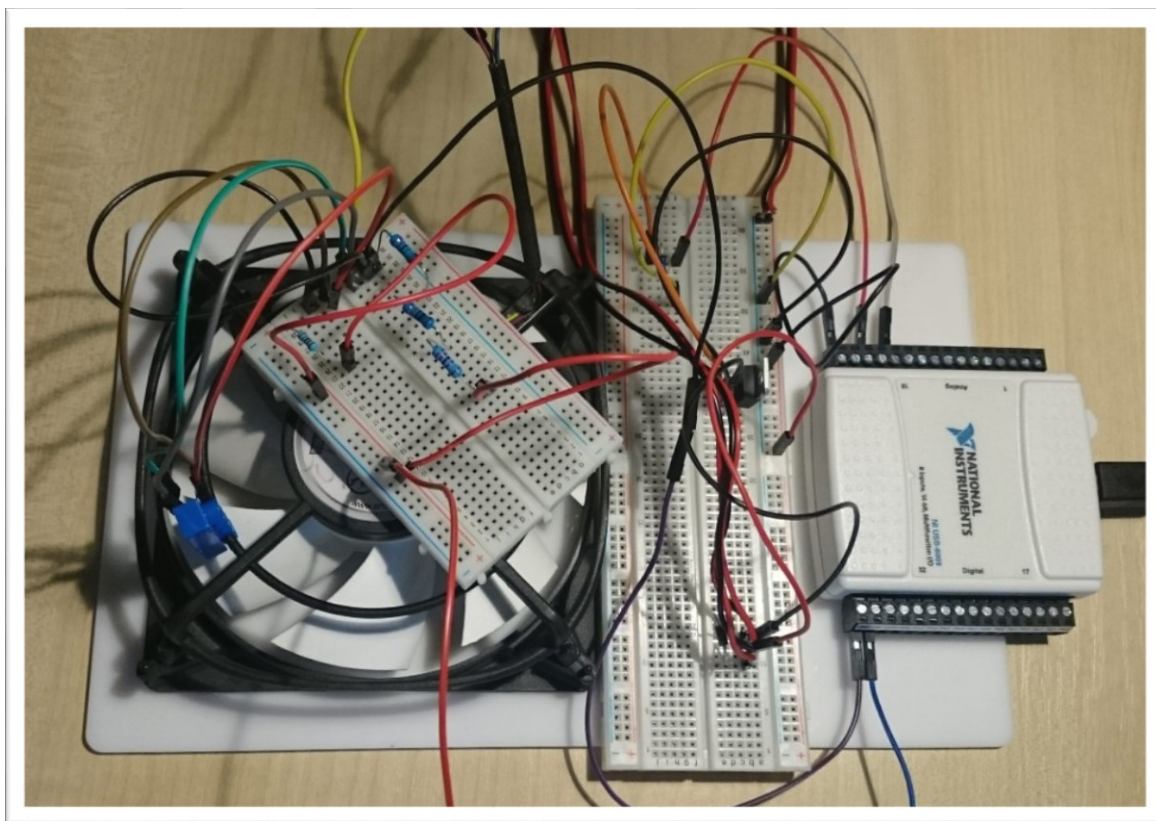
Obrázek 32 Úvodní okno ovládacího programu

Tuto sestavu jsem se rozhodl modifikovat tak, abych se vyhnul výrobě plošného spoje. To znamená napájet model samostatně pomocí transformátoru s výstupem 12 V schopným dodávat proud 1 A a změnit ovládání velikosti proudu a napětí. Zvolil jsem pro tento účel unipolární tranzistor IRF 530N, který měl vhodnou VA charakteristiku pro můj účel. Zapojení pomocí unipolárního tranzistoru je znázorněno na obrázku 38.



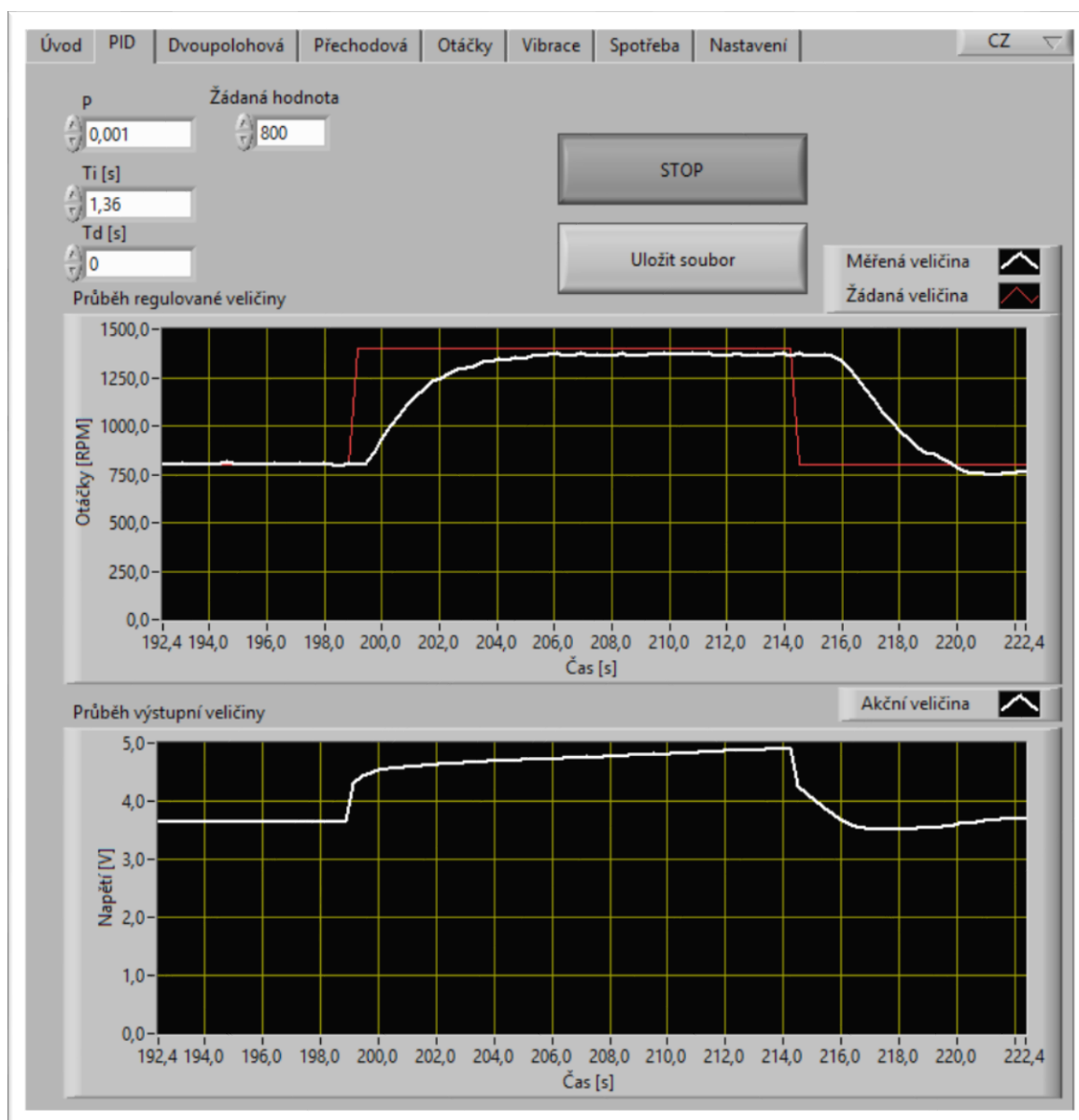
Obrázek 33 Zapojení unipolárního tranzistoru

Jako měřicí kartu jsem prozatím připojil NI 6009, abych zajistil funkčnost celé sestavy. Sestavu se mi podařilo zprovoznit v ovládacím programu v LabView s tím, že nebyla plně vyladěna regulační schopnost, ale pro ověření funkčnosti to bylo dostačující. Bylo možné spustit všechny moduly ovládacího programu, změřit přechodovou charakteristiku, zobrazit otáčky a regulovat. Na obrázku 39 je fotografie modifikované sestavy ventilátoru s náhradním napájením.



Obrázek 34 Sestava ventilátoru s náhradním napájením a připojeným optočlenem

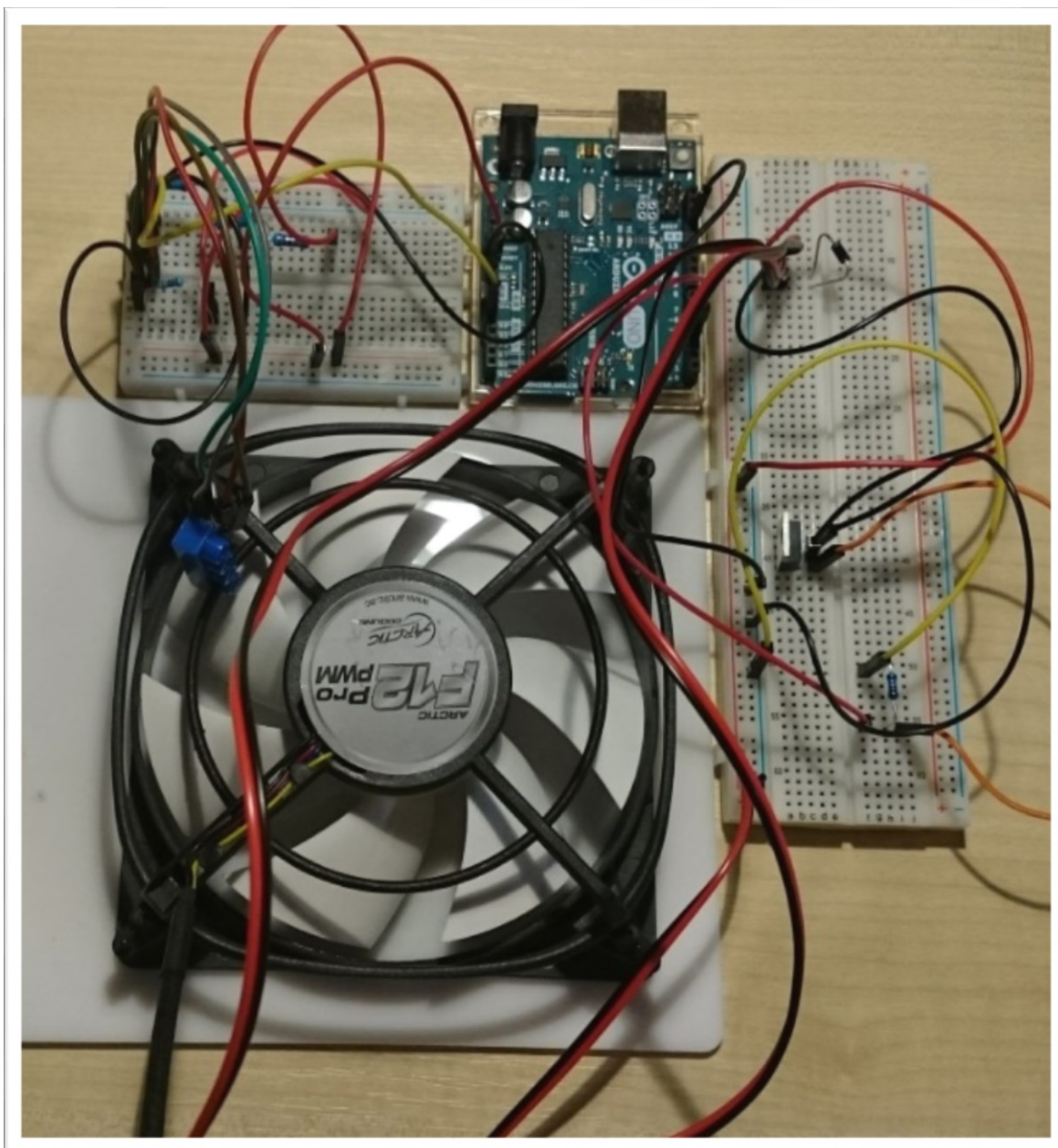
Na obrázku 40 je ukázán čelní panel regulace soustavy PID. Na horním grafu je znázorněn průběh požadované a měřené veličiny. Na spodním grafu je zobrazen průběh akční veličiny.



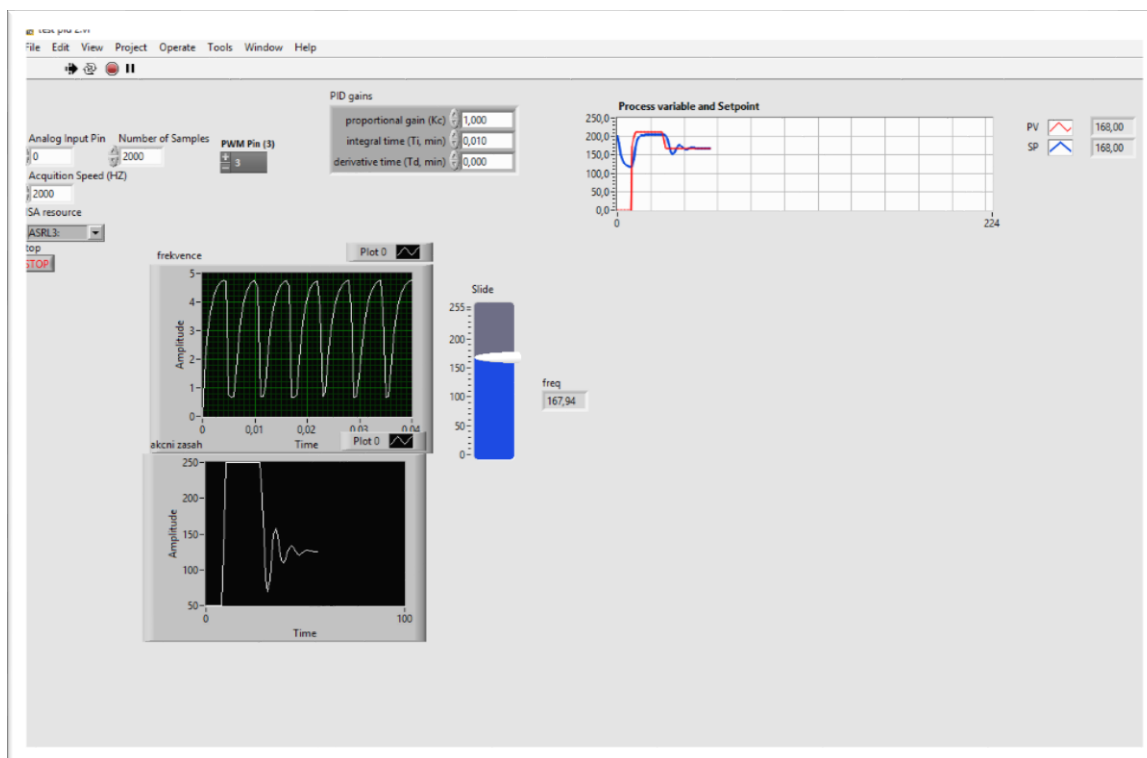
Obrázek 35 Obrazovka PID regulace

Dalším krokem byla modifikace ovládacího program v LabView, který sepsal vedoucí mé práce. Po mnoha pokusech se mi nepodařilo s mými omezenými znalostmi implementovat bloky komunikující s deskou Arduino a nahradit bloky pro kartu NI 6009. Proto jsem se rozhodl sestavit nový program pro kartu Arduino tak, aby poskytl funkčnost stejnou, nebo podobnou, jako má školní program.

Tento krok si mi už podařil a sestavil jsem program umožňující ovládat soustavu pomocí programu v LabView přes kartu Arduino Uno. Sestava je tvořena stejnými součástmi jako testovací model, který jsem použil s kartou NI 6009 jak je vidět na obrázku 41.



Obrázek 36 Sestava s Arduino Uno



Obrázek 37 Obrazovka PID regulace

Jediným problémem, který jsem zaznamenal, byl v nepřesnosti snímání otáček. Při hledání příčin odchylek jsem zjistil, že blok, který jsem použil pro sestavení ovládacího programu nepracuje spolehlivě. Jedná se o blok, kterým se jmenuje *Finiteanalogsampling* a má z úkol shromáždit definované množství vzorků za definované vzorkovací rychlosti. Tento blok je podobný jako je použit v školní programu a je důležitou součástí programu, která jde nahradit jen velmi těžko. S vedoucím práce jsem se dohodl, že se tuto nespolehlivost pokusím změřit a zjistit, jestli by se nedala kompenzovat konstantou, nebo výpočtem, který by korigoval nespolehlivost použitého bloku. Výsledky měření jsem popsal v kapitole 5.7, která se zabývá nepřesností použitého bloku.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo posouzení možností připojení desek Arduino k LabVIEW a kvalitu tohoto připojení vztahenou k deskám řady NI 60XX. V úvodu práce popisuji software LabVIEW, jeho historii, současnost a předpokládaný budoucí vývoj. Konstatoval jsem, že v současnosti je LabVIEW předním programem pro sběr a analýzu dat, tak i v řízení procesů.

Dále jsem uvedl základní desky Arduino, které jsou dnes nejrozšířenější platformou pro experimenty a výuku v elektrotechnice. Mezi hlavní přednosti patří cena, velký výběr rozšiřovacích modulů, široká podpora komunity nadšenců. Nevýhodou je živelnost vývoje a zapojení mnoha výrobců takzvaných klonů, které mohou nahradit originální desky Arduino, ovšem nemusí splňovat specifikace originálních desek. Může se proto stát jako v mém případě, že deska nemusí i přes odpovídající název mít správné elektronické komponenty, nemusí být kompatibilní a tím pádem použitelná pro experiment. Velkým problémem je i v mnoha případech neexistující dokumentace a v tom případě je uživatel odkázán na podporu komunity.

Problém dokumentace se týká i softwarových řešení, která jsou často koncipována jako projekty s otevřeným kódem a jsou zdarma. To je limitující, protože je vývoj závislý opět na komunitě a ne vždy dochází k reakci na potíže, nebo chyby. Odstranění chyb může být nad síly laického uživatele. Nicméně se mi podařilo najít způsob funkčního propojení a ověřit jeho stabilitu. Modul LabVIEW interface for Arduino od National Instruments fungoval s chybami, které jsem popsal ve své práci. Modul Digilent LINX má velmi omezené možnosti sběru data není možné o něm uvažovat při experimentech, které vyžadují vyšší nároky na sběr dat. Ovladač od TSXpert a Aledyne je bezplatný pouze ve své zkušební verzi a měl jsem velice málo času pro posouzení možností sběru dat. Tento modul umožňuje programování desek Arduino přímo v LabVIEW, což je jeho největší výhoda. Při sběru dat jsou možnosti omezené a pro pokročilejší funkce se musí uživatel uchýlit k programování vlastních bloků, nebo programů.

V další části mé práce jsem se zaměřil na kvalitu získaných dat. V tomto ohledu jsou desky Arduino použitelné jen pro velmi nenáročné aplikace, které snesou velké odchylky od skutečných hodnot. Nejméně použitelný se jeví modul LINX, ovšem pokud bude stačit pro funkčnost zamýšleného projektu jeho přesnost, pak vykazuje dostatečnou stabilitu, aby ho mohlo být užíváno. Zvláště pokud budeme chtít používat senzory, pak je LINX velmi vhodný. Modul LIFA vykazuje nečekané chyby, které ho bez korekce nebo

opravy vyřazují z možného užívání. Jeho chování je nutné před zapojení podrobně prozkoumat, aby nedošlo k zásadním pochybnostem o datech získaných jeho prostřednictvím. Zvláště u desky Arduino Mega je chybovost zásadní. Arduino Compatible Compiler je určen hlavně pro uživatele LabView, kteří nechtějí desky Arduino programovat v prostředí Arduino IDE. Kvalita dat získaná prostřednictvím tohoto modulu je tak závislá na kvalitě programů, které za tímto účelem používáme. Podařilo se mi jako začínajícímu uživateli získat data z desek Arduino v přiměřené kvalitě. Zkušenějším uživatelům LabVIEW, pokud přijmou omezení, která jsou daná hardwarovými limity, se dostává do rukou nástroj, kterým si mohou naprogramovat levnou desku Arduino velice rychle a v prostředí, které znají.

Originální desky NI USB 60XX, v mém případě NI USB 6009, jsou přirozenou součástí celého systému a liší se od desek Arduino v mnoha ohledech. Ty hlavní spočívají ve spolehlivé specifikaci výrobku, který hodláte použít, profesionální dokumentace a skvělá funkčnost v LabVIEW. Hlavní nevýhodou je ovšem vysoká cena. Ukazuje se to zejména tehdy, pokud jsou nároky nízké a celý experiment slouží například jen k demonstraci nějakého jevu, v tom případě nepotřebuji velmi kvalitní vybavení. Proto je výhodné, že National Instruments připojení desek Arduino umožnil.

Sestava ventilátoru, kterou jsem pokusně sestavil, dokazuje, že je možné na experimenty tohoto druhu velice efektivně a zábavnou formou použít desku Arduino a je možné v těchto experimentech nahradit měřicí karty National Instrument deskami Arduino.

Posuzoval jsem pouze možnosti modulů, které jsou k dispozici začínajícím uživatelům. Tyto moduly umožňují také komunikaci pomocí dalších sběrnic, jako SPI a I2C, které jsem ale blíže nestudoval. Je nutné dále zmínit možnost sestavit si vlastní moduly pro komunikaci s deskami Arduino pomocí standardu NI VISA. Tento standard je implementován do všech testovaných modulů a je základem pro připojení jakéhokoli měřicího zařízení, u kterého potřebujeme připojení k LabVIEW. Možnostmi NI VISA jsem zde neuváděl, protože jde o velice specifické a široké téma.

Závěrem musím konstatovat, že připojení desek Arduino k softwaru LabVIEW je možné a je dostatečně kvalitní k použití pro nenáročné experimenty nebo výuku.

8 Seznam použité literatury

VODA, Zbyšek. Průvodce světem Arduina. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.

SELECKÝ, Matúš. Arduino. Uživatelská příručka. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-25-4840-2

VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. Začínáme s LabVIEW. Ilustroval Viktorie VLACHOVÁ. Praha: BEN-technická literatura, 2008. ISBN 978-80-7300-245-9.

BARTŁOMIEJCZYK, Mikołaj a Miroslav GUTTEN. Meranie základných elektrických veličín. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3643-0.

SELECKÝ, Matúš. Arduino – uživatelská příručka. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4840-2.

MALINA, Václav. Poznáváme elektroniku 1. České Budějovice: Kopp, 1995. ISBN 80-85828-25-1

JOHNSON, Gary W. LabVIEW-Graphical programming. New York: McGraw-Hill, 1994. ISBN 0-07-032692-4.

TREVIS, Jeffrey. LabVIEW for everyone. New Jersey: Prentice Hall, 2002. ISBN 0-13-065096-X.

NATIONAL INSTRUMENTS. Data Acquisition and Signal Conditioning Course Manual, srpen 2003, Edition Part Number 320733K-01.

NATIONAL INSTRUMENTS. NI VISA User manual, září 2001, Edition Part Number 370423A-0.

NATIONAL INSTRUMENTS. LabVIEW-PID and Fuzzy Logic Toolkit User Manual, červen 2009, Edition Part Number 372192D-01.

NATIONAL INSTRUMENTS. Introduction to Data Acquisition [online]. National Instruments, 2016 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.ni.com/white-paper/3536/en/>

NATIONAL INSTRUMENTS. PXI Express FAQ [online]. National Instruments, 2012, 2012-06-06 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.ni.com/white-paper/3882/en/>

INTEL. Intel® Curie™ Module Datasheet [online]. 2017, březen 2017 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.intel.com/content/dam/support/us/en/documents/boardsandkits/curie/intel-curie-module-datasheet.pdf>

KRISTOFF, Sam. National Instruments Community Forum [online]. 2013, 2013-10-16 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://forums.ni.com/t5/LabVIEW-Interface-for-Arduino/How-to-have-a-sample-rate-over-10khz-with-arduino-mega-2560-and/mp/3412542>

MICROCHIP. [online]. Microchip, 2016 [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf
http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7766-8-bit-AVR-ATmega16U4-32U4_Datasheet.pdf
http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf

MICROCHIP. [online]. Microchip, 2018 [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/SAM-D21-Family-Datasheet-DS40001882B.pdf>

TSXPERTS/ALEDYNE. Arduino-compatible-compiler-for-labview-user-manual
[online]. 2015 [cit. 2018-05-21]. Dostupné z:
[http://www.geverywhere.com/manuals/arduino-compatible-compiler-for-labview-user-
manual.pdf](http://www.geverywhere.com/manuals/arduino-compatible-compiler-for-labview-user-manual.pdf)